Îndreptarul TERMOENERGETICIANULUI din întreprinderile industriale

EDITURA TEHNICA

Vadimescu Virgil.

Îndreptarul TERMOENERGETICIANULUI din întreprinderile industriale

EDITURA TEHNICĂ
București — 1963

Scanned with OKEN Scanner

Lucrarea tratează ansamblul problemelor generale ale construirii și ale exploatării instalațiilor termice ale întreprinderilor industriale, ea reprezentînd un îndreptar complet pentru personalul serviciului energetic din întreprinderi.

În afara descrierii constructive și funcționale a instalațiilor și echipamentului termic industrial, se acordă o importanță deosebită problemelor legate de gospodărirea energiei termice, normarea și planificarea consumului de energie termică, întocmirea bilanțurilor termoenergetice, întreținerea și repararea instalațiilor termice.

COLECTIVUL DE ELABORARE

Ing. V. ILIESCU-GROZĂVEȘTI — cap. 2, 4, 5, 6, 7, 15, 16
Ing. I. NERESCU — cap. 1, 9, 11
Ing. L. STANISAVLIEVICI — cap. 3, 8
Ing. I. A. BADEA — cap. 13, 14
Ing. N. PĂNOIU — cap. 10, 17
Ing. N. DOROGAN — cap. 12, 18, 19

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ

În stadiul actual al tehnicii, căldura are numeroase aplicații industriale, fiind folosită pentru obținerea energiei electrice, prelucrarea metalelor, rafinare, fierbere, distilare, uscare, încălzire, producerea frigului etc.

Mașinile și instalațiile termice industriale sînt folosite în număr larg în diferite domenii ale economiei naționale.

Cazanele, mașinile și turbinele cu abur, motoarele cu ardere internă, cuptoarele industriale, schimbătoarele de căldură, instalațiile de uscare, de vid, de termocompresie, de încălzire, ventilare și condiționare, instalațiile de gazogene, instalațiile recuperatoare de căldură etc. reprezintă echipamentul principal al multor întreprinderi din industria metalurgică, minieră, petrolieră, energetică, chimică, textilă, alimentară etc. Aproape că nu există fabrică sau uzină, oricît de mică, în care să nu se găsească una sau mai multe dintre mașinile sau instalațiile termice amintite.

Asigurarea funcționării continue și sigure a acestor instalații importante trebuie să constituie o preocupare permanentă pentru personalul lor de deservire.

*De asemenea, problema economisirii combustibilului în instalațiile termice industriale are o mare importanță pentru economia națională. În adevăr, tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej arată: „trebuie să se dea o atenție mai mare economiei de energie, recuperării căldurii conținute în gazele de evacuare și refolosirii energiei din resurse secundare. Trebuie acordată o atenție deosebită îmbunătățirii randamentului cu care se folosesc combustibilii, carburanții și energia, prin ridicarea nivelului tehnic al instalațiilor producătoare și consumatoare de energie, astfel încît consumurile specifice de combustibil să scadă în cursul planului de 6 ani în medie cu 19 la sută, iar cele de energie electrică cu 11 la sută“ *).*

Acest îndreptar a fost întocmit spre a veni în ajutorul maiștrilor și inginerilor de exploatare care se ocupă cu producerea și utilizarea căldurii în toate ramurile industriale.

Prima parte a lucrării tratează combustibilii, arderea și instalațiile respective.

Partea a doua tratează instalațiile termice industriale, materialele mai importante folosite în construcția și exploatarea echipamentului termic, noțiuni generale de exploatare și reparare a acestui echipament, măsurări termotehnice și reglarea automată a proceselor termice.

---

*) *Gh. Gheorghiu-Dej*. Raport la cel de al III-lea Congres al P.M.R., Ed. Politică, Buc., 1960, pag. 28.

Scanned with OKEN Scanner

În partea a treia a lucrării se acordă o importanță deosebită problemelor legate de gospodărirea energiei termice, întocmirea bilanțurilor termoenergetice, normarea și planificarea consumurilor de căldură.

Pentru a veni în ajutorul celor care vor folosi lucrarea în practică, s-au dat o serie de tabele îndrumătoare cuprinzînd caracteristicile materialelor standardizate, ale aparatelor și utilajelor fabricate în R.P.R., scheme și formule uzuale etc.

AUTORII

Scanned with OKEN Scanner

TABLA DE MATERII

Pag.

Prefață 5

I. **Mărimi și unități de măsură** 13

II. **Combustibili** 19

2.1. Caracteristicile combustibililor 19
2.1.1. Compoziția chimică 19
2.1.2. Puterea calorică 20
2.2. Combustibili solizi 21
2.2.1. Lemnul 21
2.2.2. Cărbunii 22
2.3. Combustibili lichizi 33
2.4. Combustibili gazoși 35

III. **Arderea combustibililor** 36

3.1. Procesul de ardere 36
3.1.1. Generalități 36
3.1.2. Arderea completă 37
3.1.3. Arderea incompletă 38
3.1.4. Exces de aer, lipsă de aer, factor de aer 39
3.2. Produsele arderii 40
3.3. Metode pentru determinarea factorului de aer 46
3.4. Explozia 47
3.5. Punctul de rouă al gazelor de ardere 48
3.6. Nomograme 48

IV. **Instalații de ardere** 53

4.1. Instalații pentru alimentarea cu combustibil 53
4.1.1. Instalații pentru alimentarea cu combustibili solizi 53
4.1.2. Instalații pentru alimentarea cu combustibili lichizi 59
4.1.3. Instalații pentru alimentarea cu gaze 60
4.2. Instalații pentru arderea combustibililor 62
4.2.1. Instalații pentru arderea combustibililor solizi 62
4.2.2. Instalații pentru arderea combustibililor lichizi (injectoare) 63
4.2.3. Instalații pentru arderea combustibililor gazoși (arzătoare) 65

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

4.2.4. Instalaţii pentru arderea prafului de cărbune..... 70
4.3. Instalaţii de tiraj 72
4.4. Instalaţii pentru evacuarea cenuşii şi zgurei..... 73

V. Instalaţii pentru producerea combustibililor gazoşi artificiali.... 74

5.1. Instalaţii pentru producerea combustibililor gazoşi de pirogenare..... 74
5.2. Instalaţii de gazogene..... 76

VI. Cazane de abur 79

6.1. Funcţionarea cazanelor de abur 79
6.2. Parametrii de bază ai cazanului 83
6.3. Tipuri de cazane de abur 84
6.3.1. Clasificarea cazanelor de abur 84
6.3.2. Cazane de abur fabricate în R.P.R. 89
6.4. Elementele instalaţiei de cazan 114
6.5. Exploatarea cazanelor de abur..... 123
6.5.1. Punerea în funcţiune a cazanelor de abur..... 123
6.5.2. Funcţionarea cazanelor 124
6.5.3. Oprirea cazanelor..... 126
6.5.4. Conservarea cazanelor..... 127
6.5.5. Controlul oficial periodic al cazanelor..... 128
6.5.6. Organizarea exploatării cazanelor 130

VII. Maşini termice 132

7.1. Generalităţi 132
7.2. Maşini cu abur 133
7.2.1. Maşina cu abur cu piston 133
7.2.2. Turbina cu abur 137
7.3. Motoare cu ardere internă 162
7.4. Turbine cu gaze 169

VIII. Tratarea apei şi recuperarea condensatului 172

8.1. Caracteristicile apelor naturale..... 172
8.2. Deranjamentele produse în exploatare de impurităţile din apă 174
8.3. Condiţii de calitate pentru regimul chimic al apei..... 176
8.4. Metode de tratare a apei 180
8.4.1. Eliminarea suspensiilor fine..... 180
8.4.2. Eliminarea uleiului 181
8.4.3. Eliminarea fierului şi a manganului 181
8.4.4. Eliminarea substanţelor coloidale şi organice..... 182
8.4.5. Procedee chimice pentru tratarea apei..... 183
8.4.6. Procedee de tratare prin schimbători de ioni..... 185
8.4.7. Degazarea 189
8.4.8. Tratarea condensatului 189
8.5. Controlul calităţii apei 190
8.6. Reducerea pierderilor de apă, de abur şi de condensat..... 190

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

IX. **Instalaţii termice industriale** 192

9.1. Instalaţii de schimbătoare de căldură..... 192
9.1.1. Condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească instalaţiile de schimbătoare de căldură..... 192
9.1.2. Agenţi termici 193
9.1.3. Calculul de verificare a instalaţiilor de schimbătoare de căldură 193
9.1.4. Exploatarea, întreţinerea şi repararea instalaţiilor de schimbătoare de căldură 198
9.2. Instalaţii de termocompresoare 201
9.2.1. Instalaţii cu compresoare cu jet 201
9.2.2. Instalaţii cu compresoare mecanice 202
9.2.3. Exploatarea, întreţinerea şi repararea instalaţiilor de termocompresoare..... 203
9.3. Instalaţii de uscare..... 204
9.3.1. Principalele tipuri de uscare termică..... 205
9.3.2. Exploatarea, întreţinerea şi repararea instalaţiilor de uscare..... 210
9.4. Instalaţii de vid 211
9.4.1. Tipurile instalaţiilor de vid..... 211
9.4.2. Exploatarea, întreţinerea şi repararea instalaţiilor de vid 213
9.5. Instalaţii pentru răcirea apei 214
9.5.1. Tipurile instalaţiilor de răcire a apei..... 214
9.5.2. Exploatarea instalaţiilor de răcire a apei..... 216
9.6. Instalaţii frigorifere..... 217
9.6.1. Principiul de funcţionare al instalaţiilor frigorifere.... 217
9.6.2. Echipamentul de bază al instalaţiilor frigorifere cu comprimare mecanică..... 219
9.6.3. Exploatarea şi întreţinerea instalaţiilor frigorifere.... 228
9.7. Instalaţii de încălzire, ventilare şi condiţionare..... 229
9.7.1. Instalaţii de încălzire..... 229
9.7.2. Echipamentul instalaţiilor de încălzire..... 230
9.7.3. Instalaţii de ventilare şi condiţionare..... 233

X. **Cuptoare industriale** 234

10.1. Generalităţi 234
10.1.1. Procesele tehnologice ale cuptoarelor..... 234
10.1.2. Părţile componente ale cuptoarelor..... 234
10.1.3. Clasificarea cuptoarelor 235
10.2. Cuptoare de topire şi elaborare..... 239
10.2.1. Cuptoare verticale..... 239
10.2.2. Cuptoare cu vatră..... 241
10.2.3. Cuptoare cilindrice rotative 243
10.2.4. Cuptoare cu creuzete..... 245
10.2.5. Cuptoare cu bazin (vatră) 248
10.3. Cuptoare de încălzire..... 249
10.3.1. Cuptoare de încălzire verticale..... 249
10.3.2. Cuptoare de încălzire cu camere 252
10.3.3. Cuptoare de încălzire cu vatră..... 255
10.3.4. Cuptoare tunel (cu încărcătură mobilă)..... 255

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

10.4. Regimul termic al cuptoarelor 257
10.4.1. Regimul de temperaturi 257
10.4.2. Consumul specific de căldură al cuptoarelor 259

XI. Echipamentul termotehnic tipizat 260

11.1. Conducte şi armături 260
11.1.1. Conducte 261
11.1.2. Armături 269
11.1.3. Calculul căderii de presiune 270
11.2. Schimbătoare de căldură 276
11.3. Pompe 284
11.3.1. Presiunea de refulare şi puterea. Înălţimea de aspiraţie 284
11.3.2. Tipuri de pompe 290
11.3.3. Exploatarea pompelor 295
11.4. Ventilatoare 295
11.4.1. Presiunea şi puterea 295
11.4.2. Tipuri de ventilatoare 298

XII. Instalaţii de aer comprimat 299

12.1. Elementele componente ale instalaţiilor de aer comprimat 299
12.2. Compresoare 300
12.2.1. Clasificarea compresoarelor 300
12.2.2. Principiile de funcţionare a compresoarelor 301
12.2.3. Domeniile de utilizare a principalelor tipuri de compresoare 303
12.2.4. Compresoare fabricate în R.P.R. 303
12.3. Exploatarea instalaţiilor de aer comprimat 305
12.4. Defectele compresoarelor de aer cu piston şi remedierea lor 305

XIII. Măsurări termotehnice 316

13.1. Caracteristicile aparatelor de măsurat 316
13.2. Măsurarea temperaturii 317
13.2.1. Termometre cu dilataţie 318
13.2.2. Termometre manometrice 320
13.2.3. Pirometre termoelectrice 320
13.2.4. Termometre cu rezistenţă electrică 324
13.2.5. Pirometre cu radiaţie 325
13.3. Măsurarea presiunii şi vacuumului 326
13.3.1. Aparate pentru măsurarea presiunii 327
13.3.2. Aparate pentru măsurarea tirajului 330
13.3.3. Aparate pentru măsurarea vacuumului 330
13 3.4. Montarea aparatelor de măsurare a presiunii şi vidului 331
13.4. Măsurarea debitelor fluidelor 332
13.4.1. Debitmetre de laminare 333
13.4.2. Montarea debitmetrelor, conductelor de legătură şi diafragmelor de măsură 336
13.4.3. Debitmetre cu cădere de presiune constantă 338
13.4.4. Debitmetre de viteză 339
13.4.5. Debitmetre volumetrice 339

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

13.5. Măsurarea compoziţiei gazelor de ardere 339
13.5.1. Analizoare chimice de gaze 340
13.5.2. Analizoare automate de gaze 340
13.6. Întreţinerea şi verificarea aparatelor de măsurat 341

XIV. **Automatizarea instalaţiilor** 343

14.1. Generalităţi 343
14.2. Regulatoare automate 344
14.2.1. Elementele instalaţiei de reglare automată 344
14.2.2. Clasificarea regulatoarelor 345
14.3. Automatizarea instalaţiilor termice 348
14.3.1. Scheme principiale de măsurare 349
14.3.2. Scheme de reglare automată a cazanelor de abur 350
14.4. Automatizarea motoarelor electrice 353
14.4.1. Generalităţi 353
14.4.2. Scheme de automatizare 354

XV. **Materiale folosite în construcţia şi exploatarea echipamentului termic** 356

15.1. Metale şi aliaje 356
15.2. Produse refractare 367
15.3. Materiale termoizolante 369
15.4. Materiale pentru etanşare 372
15.5. Lubrifianţi 372

XVI. **Repararea instalaţiilor termice** 381

16.1. Generalităţi 381
16.2. Clasificarea reparaţiilor 383
16.3. Normarea, organizarea şi executarea reparaţiilor 385
16.3.1. Normarea reparaţiilor 385
16.3.2. Organizarea reparaţiilor 387
16.3.3. Volumul lucrărilor de reparaţii 387
16.4. Periodicitatea lucrărilor de reparaţii 393

XVII. **Recuperarea căldurii** 394

17.1. Clasificarea proceselor pirotehnologice din punctul de vedere al posibilităţilor de recuperare a căldurii 394
17.2. Folosirea pierderilor de căldură la un nivel termic ridicat 397
17.2.1. Regeneratoarele de căldură 397
17.3. Recuperatoare de căldură 399
17.4. Recircularea gazelor de ardere 410
17.5 Recuperarea căldurii pentru preîncălzirea materiei prime 412
17.6. Cazane recuperatoare 412
17.7. Producerea energiei electrice din căldura recuperată din gazele de ardere 415
17.8. Recuperarea căldurii produselor tehnologice şi zgurilor 418
17.9. Recuperarea căldurii la nivel termic redus 418
17.10. Recuperarea energo-tehnologică a căldurii 420
17.11. Sursele de pierderi de căldură în diversele procese şi posibilităţile lor de recuperare 421

Scanned with OKEN Scanner

Pag.

XVIII. **Bilanţuri termoenergetice** 425

18.1. Generalităţi 425
18.2. Bilanţurile termice ale întreprinderilor industriale 427
18.2.1. Bilanţurile termice sintetice 427
18.2.2. Bilanţurile termice de lucru 428
18.2.3. Bilanţurile purtătorilor de energie termică şi de circulaţie, a purtătorilor de energie termică şi a căldurii 428
18.3. Reprezentarea bilanţurilor termice 428
18.4. Structura bilanţurilor termice 432
18.4.1. Structura bilanţurilor termice de lucru 432
18.4.2. Structura bilanţurilor termice sintetice 436
18.5. Metode de întocmire a bilanţurilor termice 438
18.5.1. Întocmirea bilanţurilor termice ale agregatelor 438
18.5.2. Determinarea elementelor de întocmire a bilanţurilor termice de lucru 438
18.5.3. Determinarea elementelor de întocmire a bilanţurilor termice sintetice 439

XIX. **Normarea şi planificarea consumurilor energetice** 440

19.1. Rolul şi importanţa consumurilor energetice 440
19.2. Bazele normării consumurilor energetice 441
19.2.1. Clasificarea normelor pentru consumurile energetice 441
19.2.2. Unităţi de măsură folosite în normarea consumurilor specifice de energie 443
19.2.3. Structura normei 445
19.2.4. Structura sistemului de norme 445
19.2.5. Lucrările preliminare ale normării consumurilor energetice 446
19.2.6. Caracteristicile energetice ale consumatorilor 446
19.3. Metodele de determinare a caracteristicilor energetice 449
19.3.1. Metoda experimentală 449
19.3.2. Metoda de calcul 450
19.3.3. Metoda statistică 450
19.3.4. Metode combinate 451
19.4. Metodica stabilirii normei 451
19.5. Normarea consumului de combustibil şi căldură al echipamentului principal energetic 452
19.5.1. Normarea consumului de combustibil al cazanelor de abur 453
19.5.2. Normarea consumului de căldură al turbogrupurilor 454
19.6. Planificarea consumurilor energetice 456

Anexa 1 458

Anexa 2 464

Anexa 3 467

Anexa 4 469

Bibliografie 472

Scanned with OKEN Scanner

I

MĂRIMI ȘI UNITĂȚI DE MĂSURĂ

În termotehnică, ca și în numeroase ramuri ale tehnicii, se folosește aproape în mod exclusiv sistemul de unități de măsură MKfS. *Mărimile fundamentale* ale acestui sistem sînt: lungimea, forța și timpul, cărora le corespund *unitățile de măsură fundamentale* metrul (m), kilogramul-forță (kgf) și secunda (s). Pe lîngă acestea se mai folosește ca mărime fundamentală și temperatura, căreia îi corespunde unitatea de măsură fundamentală, gradul (grd).

Celelalte mărimi cu care se lucrează sînt mărimi derivate din mărimile fundamentale și se măsoară în unități de măsură derivate.

Numărul total al unităților de măsură derivate este foarte mare; fiecărui domeniu din tehnică îi corespunde însă un număr relativ redus de mărimi derivate, cu care se lucrează în mod frecvent în domeniul respectiv.

În tabela 1.1 sînt prezentate simbolurile și unitățile de măsură ale mărimilor folosite curent în termotehnică; pentru mărimile care intervin mai rar, simbolurile și unitățile de măsură sînt date la capitolele respective.

În tabelele 1.2 și 1.3 sînt date valorile de transformare a diferitelor unități de măsură pentru presiune, respectiv pentru energie, folosite în termotehnică.

În cele ce urmează sînt precizate cîteva unități de măsură și cîteva noțiuni referitoare la unele mărimi care intervin mai des în exploatarea instalațiilor termice.

Gradul (de temperatură): unitatea de temperatură egală cu a suta parte din intervalul de temperatură dintre punctul de topire a gheții pure și punctul de fierbere al apei pure, ambele la presiunea de 1 at.

Temperatura se poate exprima în grade din:

— *scara absolută*, cu originea la zero absolut;

— *scara Celsius*, cu originea la punctul de topire al gheții.

Simbolurile temperaturii și gradului, precum și denumirile gradului în cele două scări sînt date în tabela 1.4.

Kilocaloria (la 20°C): cantitatea de căldură necesară pentru a ridica temperatura unui kilogram de apă, de la 19,5°C la 20,5°C, la presiunea de 1 at. Simbolul: kcal.

Calul-putere: puterea care dezvoltă în mod uniform energia de 75 kgf m/s. Simbol: CP.

Kilowattul: puterea care dezvoltă în mod uniform energia de 102 kgf m/s. Simbol: kW.

Presiunea: apăsarea exercitată normal și uniform pe unitatea de suprafață. Simbol: *p*. Presiunea se poate exprima folosind:

— *scara absolută*, cu originea la presiunea zero (vidul absolut);

— *scara relativă*, cu originea la presiunea atmosferică.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1.1. **Mărimi și unități de măsură folosite în termotehnică**

Mărimea		Unitatea de măsură
Simbolul	Denumirea	Simbolul
A	Echivalent caloric al unității de lucru mecanic	kcal/kgf·m
C	Căldura specifică raportată la metru cub normal	kcal/Nm³·grd
c	Căldura specifică raportată la kilogram-forță	kcal/kgf·grd
c	Viteză	m/s
D	Debit de abur	kgf/h; tf/h
d	Consum specific de abur	kgf/CPh; kgf/kWh
F	Forță	kgf; tf
G	Greutate	kgf; tf
H_i	Putere calorică inferioară	kcal/kgf; kcal/Nm³
h	Diferență de presiune	mm H_2O mm Hg m H_2O
I	Entalpie	kcal
i	Entalpie specifică	kcal/kgf
i'	Entalpia specifică a lichidului în starea de saturație	kcal/kgf
i''	Entalpia specifică a vaporilor saturați uscați	kcal/kgf
k	Coeficientul global de transmitere a căldurii	kcal/m²·h·grd
L, l	Lungime	m

Tabela 1.1 (continuare)

Mărimea		Unitatea de măsură
Simbolul	Denumirea	Simbolul
L	Lucru mecanic	kgf•m
m	Masa	kgf•s²/m
n	Turație	rot/min
P	Putere	CP; kW
p	Presiune	kgf/m²; mm H_2O; m H_2O; at; Atm; torr
Q_i	Putere calorică inferioară	kcal/kgf; Kcal/Nm³
Q	Căldură	kcal
$\dot{Q}$	Debit	m³/s; m³/h; kgf/s; l/s; etc.
r	Căldură de vaporizare	kcal/kgf
S	Suprafață, secțiune	m²
S	Entropie	kcal/°K
s	Entropie specifică	kcal/kgf•°K
s'	Entropia specifică a lichidului în starea de saturație	kcal/kgf•°K
s''	Entropia specifică a vaporilor saturați uscați	kcal/kgf•°K
T	Temperatură în scara absolută	°K
t	Temperatură în scara Celsius	°C

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 1.1 (continuare)

Mărimea		Unitatea de măsură
Simbolul	Denumirea	Simbolul
t	Timp	s; min; h
V	Volum	m^3
v	Volum specific	m^3/kgf
v'	Volumul specific al lichidului în starea de saturaţie	m^3/kgf
v''	Volumul specific al vaporilor saturaţi uscaţi	m^3/kgf
w	Viteză	m/s
x	Titlul vaporilor	—
x	Conţinutul de umiditate al aerului	gf/kgf
α	Coeficientul de trecere a căldurii	$kcal/m^2 \cdot h \cdot grd.$
α	Coeficientul de dilatare liniară	grd^{-1}
β	Coeficientul de dilatare volumică	grd^{-1}
γ	Greutate specifică	kgf/m^3
η	Randament	—; %.
λ	Conductivitate termică	$kcal/m \cdot h \cdot grd.$
φ	Umiditatea relativă a aerului	%
ψ	Gradul de saturare al aerului umed	—

Tabela 1.2. **Conversiunea unităţilor de măsură a presiunii folosite în termotehnică**

Unitatea dată	Unitatea căutată			
	kgf/m² şi mm H_2O	at şi kgf/cm²	Atm	torr şi mm Hg
1 kgf/m² = 1 mm H_2O	1,000	0,000 100	0,000 097	0,073 556
1 at = 1 kgf/cm²	10 000,000	1,000 000	0,967 841	735,560 000
1 Atm	10 332,280	1,033 228	1,000 000	760,000 000
1 torr = 1 mm Hg	13,595	0,001 359	0,001 316	1,000 000

Tabela 1.3. **Conversiunea unităţilor de măsură a energiei folosite în termotehnică**

Unitatea dată	Unitatea căutată				
	kilogram-forţă-metru	kilocalorie la 20°C	kilocalorie electrică	cal putere oră	kilowatt-oră
1 kgf·m	1,000	$2{,}345 \cdot 10^{-3}$	$2{,}3423 \cdot 10^{-3}$	$3{,}7037 \cdot 10^{-6}$	$2{,}7241 \cdot 10^{-6}$
1 kcal (20°C)	426,45	1,000	0,99884	$1{,}5794 \cdot 10^{-3}$	$1{,}16164 \cdot 10^{-3}$
1 kcal (electr.)	426,94	1,00116	1,000	$1{,}5813 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1628 \cdot 10^{-3}$
1 CPh	$2{,}7 \cdot 10^{5}$	633,14	632,41	1,000	0,73536
1 kWh	$3{,}67092 \cdot 10^{5}$	860,92	860	1,3599	1,000

Tabela 1.4. **Scările de temperatură**

Scara	Simbolul temperaturii	Denumirea gradului	Simbolul gradului	Relaţii de transformare
Scara absolută	T	grad absolut (Kelvin)	°K	$T = 273{,}15 + t$
Scara Celsius	t	grad centesimal (Celsius)	°C	$t = T - 273{,}15$

Scanned with OKEN Scanner

Standardele în vigoare prevăd folosirea aceloraşi simboluri pentru unităţile de măsură ale presiunii, indiferent de scara utilizată; totuşi, pentru evitarea unor confuzii posibile, uneori se foloseşte simbolul ata pentru presiunea absolută exprimată în atmosfere tehnice şi respectiv simbolul atr pentru presiunea relativă (manometrică sau vacuumetrică) exprimată în atmosfere tehnice.

Starea normală fizică: starea unui corp caracterizat prin:
— temperatura normală fizică, $t_N = 0°C$ şi
— presiunea normală fizică, $p_N = 1$ Atm.

Starea normală tehnică: starea unui corp caracterizată prin:
— temperatura normală tehnică, $t_n = 20°C$ şi
— presiunea normală tehnică, $p_n = 1$ at.

Metru cub normal *): cantitatea dintr-un corp, cuprinsă în volumul de 1 m^3, la starea normală fizică. Simbol: Nm^3.

*) Pentru evitarea unor confuzii destul de frecvente, se atrage atenţia că metrul cub normal este o unitate de măsură pentru cantitate şi nu pentru volum.

Scanned with OKEN Scanner

II

COMBUSTIBILI

Combustibilii sînt substanţe care prin ardere dezvoltă căldură şi care pot fi folosiţi drept surse economice de energie termică. Produsele arderii lor trebuie să nu aibă o influenţă vătămătoare asupra vieţii animalelor şi plantelor.

Principalii combustibili folosiţi în industrie, pentru obţinerea căldurii sînt: cărbunii, produsele petrolifere, gazele naturale şi gazele artificiale.

2.1. CARACTERISTICILE COMBUSTIBILILOR

2.1.1. Compoziţia chimică

În compoziţia chimică a combustibililor solizi şi lichizi intră cantităţi mai mari sau mai mici de: carbon (C), hidrogen (H), sulf (S), azot (N) şi oxigen (O); aceste elemente chimice nu se găsesc în general izolate, ci în diferite combinaţii. Combustibilii gazoşi conţin de obicei aceleaşi elemente, sub formă de gaze distincte ca: oxid de carbon (CO), bioxid de carbon (CO_2), metan (CH_4), etan (C_2H_4), hidrocarburi de tipul $C_m H_n$ etc.

Combustibilii gazoşi conţin cantităţi foarte mici de vapori de apă şi impurităţi minerale antrenate, în timp ce combustibilii lichizi şi în special cei solizi conţin aceste elemente în cantităţi mai mari.

Componentele combustibililor se pot împărţi în: componente combustibile şi componente necombustibile.

Principalele componente combustibile sînt: carbonul, hidrogenul şi compuşii lor (hidrocarburi ca metan, etan etc.); un component combustibil este şi sulful (sulful volatil — S_v).

În categoria componentelor necombustibile intră: materiile minerale care formează cenuşa (A) rămasă de pe urma arderii combustibilului; apa (W) conţinută ca umiditate higroscopică şi de îmbibaţie; oxigenul şi azotul.

Valoarea unui combustibil ca producător de energie termică depinde de proporţia în care diferitele componente intră în alcătuirea sa. Ea este cu atît mai mare cu cît conţinutul de carbon şi de hidrogen este mai ridicat.

Scanned with OKEN Scanner

2.1.2. Puterea calorică

Puterea calorică reprezintă cantitatea de căldură care se degajă prin arderea completă a unui kilogram de combustibil solid sau lichid sau a unui metru cub normal de combustibil gazos. Ea se exprimă în kcal/kgf, respectiv în kcal/Nm³.

Prin arderea combustibilului se produc diferite gaze și vapori de apă. Vaporii de apă rezultă din vaporizarea apei conținute în combustibil și din arderea hidrogenului aflat în combustibil.

După starea în care se găsește apa în produsele arderii, se deosebesc:

— *puterea calorică inferioară* (simbol Q_i, H_i) cînd apa se află în stare de vapori; în acest caz o anumită cantitate de căldură degajată prin arderea combustibilului s-a consumat pentru vaporizarea apei; puterea calorică inferioară se mai numește și *puterea calorică utilă* sau *industrială*, deoarece în condițiile reale de ardere în instalațiile industriale, produsele arderii sînt evacuate în atmosferă la o temperatură la care vaporii de apă nu pot să condenseze, ducînd astfel cu ei pe coș căldura latentă de vaporizare;

— *puterea calorică superioară* (simbol Q_s, H_s) cînd apa se află în stare lichidă; în acest caz vaporii de apă s-au condensat, cedînd căldura latentă de vaporizare.

Puterea calorică poate fi determinată direct, cu ajutorul calorimetrelor, sau poate fi calculată cunoscîndu-se compoziția chimică a combustibilului.

Determinarea directă a puterii calorice se face arzîndu-se complet în bomba calorimetrică o cantitate cunoscută de combustibil, în atmosferă de oxigen la o presiune de circa 25 kgf/cm² și măsurîndu-se exact creșterea de temperatură a cantității de apă cunoscute din vasul calorimetric.

Metoda pentru determinarea directă a puterii calorice a combustibililor solizi și lichizi este indicată în STAS 5269-56, iar pentru combustibili gazoși în STAS R. 3361-52.

Puterea calorică a combustibililor solizi și lichizi poate fi calculată, în cazul cînd se cunoaște compoziția lor elementară, cu ajutorul formulelor semiempirice:

$$Q_s = 81\ C + 300\ H - 26\ (O - S_v) \quad [kcal/kgf], \qquad (2.1)$$

sau

$$Q_i = 81\ C + 300\ H - 26\ (O - S_v) - 6\ (9\ H + W) \quad [kcal/kgf]. \qquad (2.2)$$

Puterea calorică inferioară a combustibilului se calculează în funcție de puterea calorică superioară, cu formula:

$$Q_i = Q_s - 6\ (W + 9\ H) \quad [kcal/kgf]. \qquad (2.3)$$

În cazul combustibililor gazoși, cînd se cunoaște compoziția lor, puterea calorică se calculează cu formula:

$$Q_i = 30{,}18\ CO + 25{,}79\ H_2 + 85{,}55\ CH_4 + 141{,}07\ C_2H_4 + 152{,}26\ C_2H_6 + 205{,}41\ C_3H_6 + \ldots \quad [kcal/Nm^3], \qquad (2.4)$$

în care CO, H_2, CH_4 etc. reprezintă elementele componente ale gazului considerat, în procente de volum.

În cazul unui amestec a doi combustibili solizi sau al unui combustibil solid cu unul lichid, se poate folosi formula:

$$Q_i = p' Q_i' + (1 - p'') Q_i'' \qquad \text{[kcal/kgf]}, \qquad (2.5)$$

în care: Q_i' și Q_i'' sînt puterile calorice ale celor doi combustibili care compun amestecul, în kcal/kgf;

p' — greutatea relativă a unuia dintre combustibili.

În cazul unui amestec al unui combustibil solid sau lichid cu unul gazos, se poate folosi formula:

$$Q_i = Q_i' + n Q_i'' \qquad \text{[kcal/kgf]}, \qquad (2.6)$$

în care: Q_i este puterea calorică fictivă a amestecului, în kcal/kgf;

Q_i' — puterea calorică a combustibilului solid sau lichid în kcal/kgf;

Q_i'' — puterea calorică a combustibilului gazos, în kgf/Nm³;

n — cantitatea de combustibil gazos care revine unui kilogram de combustibil solid sau lichid, în Nm³/kgf.

Puterea calorică diferă mult de la un combustibil la altul (tabela 2.2).

Combustibil convențional. Pentru calculul resurselor și al consumurilor de combustibili diferiți, în care trebuie să se țină seamă, pe lîngă cantitatea de combustibil și de puterea lor calorică, s-a introdus noțiunea de *combustibil convențional.* Acesta este un combustibil fictiv a cărui putere calorică inferioară este de 7 000 kcal/kgf.

Cantitatea de combustibil convențional G_c corespunzătoare unei cantități date dintr-un combustibil oarecare, se determină în funcție de greutatea combustibilului G și de puterea lui calorică inferioară Q_i, cu formula:

$$G_c = \frac{G\ Q_i}{7\,000} \qquad \text{[kgf]}. \qquad (2.7)$$

2.2. COMBUSTIBILI SOLIZI

Principalii combustibili solizi sînt lemnul și cărbunii.

2.2.1. Lemnul

Drept combustibil, lemnul are o folosire limitată (în industria forestieră), deoarece este scump, are putere calorică mică, umiditate mare și necesită instalații de ardere complicate.

Compoziția chimică nu diferă prea mult de diferitele specii de lemn. În medie se poate considera că masa lemnoasă uscată conține 50% carbon, 6% hidrogen, 44% oxigen și urme de azot. Cantitatea de cenușă din lemn variază între 0,4 și 1,2% și depinde în primul rînd de specia lemnoasă.

Puterea calorică a diverselor specii de lemn este cuprinsă între 4 700 și 4 900 kcal/kgf.

2.2.2. Cărbunii

Cărbunii sînt cei mai întrebuinţaţi combustibili solizi.

Ei s-au format din resturile fosile ale pădurilor şi plantelor, printr-un proces de carbonizare fără aer, la presiuni şi temperaturi foarte mari, în cursul a milioane de ani.

Compoziţia chimică a cărbunilor. Cărbunii pot fi consideraţi că sînt compuşi din:

— substanţe care ard (masa combustibilă) sau combustibilul propriu-zis, reprezentînd cărbunele fix şi materiile volatile;

— substanţe minerale care nu ard (cenuşa);

— apă (umiditatea).

Umiditatea şi cenuşa constituie aşa-numitul *balast*, adică substanţe care înrăutăţesc calitatea cărbunelui. Se poate scrie deci:

Cărbune = masa combustibilă + cenuşă + umiditate =
= cărbune fix + materii volatile + balast.

Masa combustibilă este alcătuită din masa organică şi din sulful combustibil.

Masa organică reprezintă suma conţinuturilor de carbon, hidrogen, azot, oxigen şi sulf organic. Ea reprezintă 60—95% din masa cărbunelui anhidru (fără umiditate). Compoziţia şi proprietăţile masei organice variază cu vîrsta cărbunelui.

Materiile volatile (simbol *V*) reprezintă cantitatea totală de produse degajate prin încălzirea cărbunelui la temperatura de 850±20°C într-un spaţiu limitat, în lipsa aerului, mai puţin umiditatea.

Materiile volatile determină lungimea flăcării produse prin arderea cărbunilor, precum şi temperatura de aprindere a cărbunilor în focare; cu cît conţinutul de materii volatile este mai mare, cu atît aprinderea cărbunilor este mai uşoară.

Cocsul (simbol *K*) reprezintă materiile solide care rămîn în creuzet la determinarea materiilor volatile.

Cocsul se compune din cărbunele fix şi din cenuşă.

Cărbunele fix (simbol *C*) reprezintă substanţa combustibilă din cocs. Cărbunele fix reprezintă deci partea din cărbune care rămîne după scăderea umidităţii, a materiilor volatile şi a cenuşii.

Cenuşa (simbol *A*) este constituită din materiile minerale rămase după arderea cărbunelui.

Din punct de vedere chimic, cenuşa este în general compusă din silicaţi de aluminiu, carbonaţi, sulfaţi, sulfuri, fosfaţi şi diferiţi oxizi.

La temperaturile înalte din focar o parte din cenuşă se topeşte şi, prin răcire, dă naştere unei mase tari cu aspect sticlos numită *zgură*.

Valorile conţinutului de cenuşă (exprimate în procente din greutatea cărbunelui) şi temperatura de topire a cenuşii sînt cele două caracteristici importante ale cenuşii, care influenţează desfăşurarea procesului de ardere a cărbunelui.

Temperatura de topire a cenuşii are o mare importanţă practică în arderea cărbunelui; dacă cenuşa se topeşte la temperaturi joase, ea formează uşor zgura, care poate produce perturbări importante în regimul normal de ardere.

În tabela 2.1 este dată, pentru o serie de cărbuni din R.P.R., temperatura medie de înmuiere, de topire şi de curgere a zgurii, iar în tabela 2.2 sînt cuprinse valorile conţinutului de cenuşă pentru principalii cărbuni din R.P.R.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2.1. **Temperaturile medii de înmuiere, de topire și de curgere ale zgurei**

Cărbunii din care provine cenușa	Temperatura medie de		
	înmuiere °C	topire °C	curgere °C
Căpeni	995	1 115	1 165
Caransebeș, Balta Sărată	933	1 330	1 417
Codlea	900	1 375	1 470
Comănești	948	1 118	1 181
Cornițel	980	1 158	1 232
Filipeștii de Pădure	1 027	1 110	1 160
Rovinari	960	1 195	1 295
Sălaj-Bobota	1 051	1 090	1 141
Vulcan	890	1 120	1 205

Umiditatea cărbunilor (simbol *W*) variază în limite foarte largi, în funcție de tipul cărbunelui, de granulația și de condițiile de manipulare; ea poate varia chiar în diferitele straturi ale aceluiași zăcămînt.

Îndepărtîndu-se toată umiditatea din combustibil se obține *combustibilul anhidru* (uscat).

Umiditatea diferitelor tipuri de cărbuni din R.P.R. este cuprinsă în tabela 2.2.

Clasificarea cărbunilor naturali din R.P.R. După caracteristicile fizice și chimice și după aspectul petrografic corespunzător conținutului de carbon (gradului de incarbonizare), cărbunii naturali din R.P.R. se împart, conform STAS 3632-52 în cinci clase; turbă, cărbune brun, cărbune brun huilos, huilă și antracit. Aceste clase sînt subdivizate în grupe ca în tabela 2.2.

În această tabelă sînt indicate sorturile principale de cărbuni furnizate în prezent de industria carboniferă din R.P.R., iar în tabela 2.3 varietățile de cărbuni artificiali produși în R.P.R.

Tabela 2.2. **Cărbuni naturali din R.P.R.**

Provenienţa		Denumirea sortului (granulaţia)	Valori raportate la: proba iniţială					masa combustibilă				Observ.
Bazinul carbonifer	Mina		Umiditatea totală W_t %	Cenuşă A^{anh} %	Sulf combinat S_c^{anh} %	Materii volatile V^{anh} %	Putere calorică inferioară Q_i kcal/kgf	Carbon C %	Hidrogen H %	Sulf combustibil S_c %	Oxigen + azot O + N %	
Turba (T)												
Miercurea Ciucului	I	sort 30	38	22	—	—	2000	—	—	—	—	STAS 4340-54
		sort 70	40	25			1950					
Cărbune brun lemnos (lignit) (B. L.)												
Căpeni	Căpeni Vîrghiş	mărunt 0—30	39,5—41,5	30—32	2,4	38—41	2025—2225	64,40	5,61	1,62	28,37	STAS 1320-54
		ciuruit 30—350	41,5—43,5	19—21	2,8	43—47	2300—2500	61,48	5,59	0,45	32,48	
Ceptura	—	mărunt 0—30	31—33	42—46	4	32—34	1950—2150	63,22	5,60	6,80	24,38	STAS 5499-57
		ciuruit 30—350	32—34	28—30	4	41—43	2550—2750					

Scanned with OKEN Scanner

Doi-ceşti	Şo-tînga	sort 0—700	35—37	32—34	3,3	1—44	2200—2370	64,48	5,38	0,38	29,76	STAS 1316-55
Filipeştii de Pădure	—	mărunt 0—30	26,5—28,5	44—46	4,1	28—32	2130—2300	64,90	5,52	2,79	26,79	STAS 1317-54
		ciuruit 30—350	32—34	21,5—25,5	5,7	40—43	2700—3000					
Ojasca	—	mărunt 30—30	22,5—24,5	43,5—46,5	3,8	28—34	2220—2380	64,20	5,27	5,93	24,60	STAS 1778-54
		ciuruit 30—350	25—26	29—31	4,9	37—42	2830—3000					
Sălaj Sărmăşag	Bobota	mărunt 20—30	33,5—35,5	43—45	2,5	29—31	1940—2100	66,45	5,52	3,10	24,93	
		ciuruit 30—350	36,5—38,5	25,5—27,5	3,5	39—41	2480—2650					
	Chieşd	mărunt 0—30	30—32	36,5—38,5	2,8	31—34	2160—2330	67,40	5,42	2,06	25,12	STAS 1319-54
		ciuruit 30—350	41—43	28,5—30,5	3	37—40	2350—2530					
	Sărmăşag	mărunt 0—30	30,5—32,4	41—43	3,2	30—33	2100—2280	65,56	5,60	2,64	26,20	
		ciuruit 30—350	35—37	30—32	3,8	36—39	2360—2530					

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2.2 (continuare)

Provenienţa		Denumirea sortului (granulaţia)	Valori raportate la: proba iniţială					masa combustibilă				Observ.
Bazinul carbonifer	Mina		Umiditatea totală W_t %	Cenuşă A^{anh} %	Sulf combinat S_c^{anh} %	Materii volatile V^{anh} %	Putere calorică inferioară Q_i kcal/kgf	Carbon C %	Hidrogen H %	Sulf combustibil S_c %	Oxigen + azot O + N %	
Schitul Goleşti	Berevoieşti	mărunt 0—30	29—31	35,5—37,5	1,0	34—46	2500—2700	66,36	5,74	0,41	27,49	STAS 1315-54
		ciuruit 30—350	31,5—33,5	20,5—22,5	1,2	42—44	2950—3200					
		ciuruit 30—700	21,5—33,5	20,5—22,5	1,2	42—44	2950—3200					
	Godeni Peşcăreasa Poenari	mărunt 0—30	27,5—29,5	34,0—36,0	1,1	36—38	2600—2800	65,62	5,58	0,55	28,25	STAS 1315-54
		ciuruit 30—350	28,5—30,5	20,5—22,5	1,2	45—47	3100—3400					
		ciuruit 30—700	28,5—30,5	20,5—22,5	1,2	45—47	3100—3400					
		mărunt 0—30	15—17,5	34—36	1,0	34—36	3130—3260					
		ciuruit 30—350	17—19	18—20	1,2	44—46	3860—4060					

Scanned with OKEN Scanner

Siner-sig	Siner-sig	neclasat	48	35	1,5	25—37	2200	61,93	6,30	2,49	29,28	STAS 2195-51
Derna-Tătăruș	Budoiu Porumbaca	mărunt 0—30	31,4—33,4	42—44	4,7	31—32	2000—2100	58,60 61,92	5,59 5,30	6,83 6,62	28,98 26,16	STAS 1318-54
	Vărzari Varviz	ciuruit 30—350	36,5—38,5	23—25	6,3	41—43	2500—2650	61,99 60,54	5,24 5,32	3,43 6,60	29,34 27,64	
				Cărbune brun mat (B. M.)								
Comănești	Asău Galeon	mărunt 0—16	11—13	43—45	3,5	32—36	3100—3300	68,47 69,26	5,60 5,93	5,28 2,85	20,65 21,96	STAS 1047-56
	Leorda Lumina	mărunt ciuruit 5—16	11—13	41—43	3,5	34—36	3200—3400	69,76 70,49	5,48 5,42	1,72 2,76	23,04 21,33	
	Rafira	ciuruit 16—300	11—13	32,5—34,5	3,5	36—40	3700—3900	69,90	5,64	4,76	19,70	
		ocnă 0—300	11—13	36—38	3,5	35—39	3500—3700					
Șorecani	Bagara Curturiș	0—16	11,5—13,5	41—44	5	26—30	3200—3400	70,85	5,30	7,22	15,63	STAS 1267-55
	Tamașa	0—30	11,5—13,5	38,5—42	5	26—30	3200—3500					
	Ticu	16—350	10,5—12,5	29—31	6	31—35	3900—4100					
		30—350	10,5—12,5	28—30,5	6	31—35	4000—4200					
Țebea		0—350	22,5—24,5	22,0—24,0	2	35—38	3500—3700	67,64	6,45	2,24	24,67	STAS 5067-55

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2.2 (continuare)

Proveniența		Denumirea sortului (granulația)	Valori raportate la: proba inițială					masa combustibilă				Observ.
Bazinul carbonifer	Mina		Umiditatea totală W_t %	Cenușă A^{anh} %	Sulf combinat S_c^{anh} %	Materii volatile V^{anh} %	Putere calorică inferioară Q_i kcal/kgf	Carbon C %	Hidrogen H %	Sulf combustibil S_c %	Oxigen + azot O + N %	
Cărbune brun smolos (B. S.)												
Codlea	1 Mai	alune 10—16	9—10	31—33	1,7	30—32	4150—4400	72,61	5,48	2,37	19,54	STAS 1268-54
	Holdav Brebi	ciuruit 16—300	9—11	26,5—28,5	1,8	31—34	4460—4660	70,70 67,15	5,25 5,43	2,66 8,12	20,79 19,30	
Cărbune brun huilos (B. H.)												
Valea Jiului	Aninoasa Lonea Petrila	blocuri	3,5—4,5	14—16	3	39—44	3950—6150	74,70 69,06 73,84	5,59 5,69 5,59	3,36 3,55 3,72	16,35 21,70 16,85	STAS 298-55
	Lupeni Uricani	blocuri	3,5—4,5	14—16	3	37—40	6300—6500					
Valea Jiului	Preparația Lupeni	griș 0—10	14—16	17,5—19,5	2,9	37—42	5130—5240	73,84	5,59	3,72	16,85	STAS 299-54
		autocalor 3—16	10—12	16,5—18,5	2,9	37—42	5300—5570					

Scanned with OKEN Scanner

Valea Jiului	Preparația Lupeni	alune 10—20	9,5—11,5	11—18	2,9	37—42	5370—5560					
		forjă 16—20	8—10	16,5—17,5	2,9	37—42	5490—5710					
		nuci 20—40	6,5—8	17—19	2,9	37—42	5540—5780					
		ciuruiți 10—80	7—9	17—19	2,9	37—42	5470—5730					
Valea Jiului	Aninoasa Petrila Lonea	cărbuni micști	11—14	35,9—44,2	3	21—25	3700—4300					STAS 561-49
Huilă cu flacăra lungă (H. L.)												
Valea Jiului	Vulcan	0—10	5,5—7,5	33—35	2,3	28—31	4480—4560	76,83	5,20	3,13	14,48	STAS 5387-56
		10—80	4,0—6,0	28—30	2,5	31—34	5000—5150					
		0—80	5,0—7,0	31—33	2,4	30—33	4845—4500					
Huilă pentru gaz (H. G.)												
Valea Jiului	Preparația Lupeni	0—80	12—13,5	19—21	2,9	35—37	5200—5420	77,60	5,99	3,06	13,36	STAS 4568-54
		10—80	4,5—6,5	17,5—19,5	2,9	35—37	5750—6050					

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2.2 (continuare)

Proveniența		Denumirea sortului (granulația)	Valori raportate la: proba inițială					masa combustibilă				Observ.
Bazinul carbonifer	Mina		Umiditatea totală W_t %	Cenușă A^{anh} %	Sulf combinat S_c^{anh} %	Materii volatile V^{anh} %	Putere calorică inferioară Q_i kcal/kgf	Carbon C %	Hidrogen H %	Sulf combustibil S_c %	Oxigen + azot O + N %	
Huilă grasă (H. Gr.)												
Secul	Secul		4	22,5	1,3	20—28	$Q_s = 6000$	84,23	4,61	1,66	9,50	STAS 1186-50
Huilă pentru cocs (H. C.)												
Anina	Anina	mărunt brut 0—30(b)	19—21	26,5—28,5	2,5	22—24	4400—4650	85,35	4,61	0,60	9,44	STAS 1931-54
		mărunt mixt 0—30(m)	7—9	53—55,5	1,7	14—16	3200—3500					
		nămolos 0—2	2,5—4,5	30—40	2,2	18—20	4500—4850					
		tăciunos 60—400	0,6—2,6	28—31	2,5	21—23	5400—5700					
		0—30 (ss)	11,5—13,5	9,5—10,5	3,2	28—30	6000—6350					

Scanned with OKEN Scanner

Huilă slab degresată (H. S.)												
Baia Nouă	Baia Nouă	0—30	2	31	2	10—13	$Q_s = 5500$	93,43	4,80	0,44	1,33	STAS 1721-60
Do-man	Do-man	0—50	3,5	16,5	0,5	8—12	$Q_s = 6500$	90,25	4,59	0,40	4,76	STAS 1187-50
Antracit (A)												
Schela Gorj	Schela	amestec de cărbune mărunt cu bulgări de diferite mărimi	8—10	16—18	0,6	3—5,5	5680-6000					STAS E5650-57
Lupac	Lupac	0—15	6—7,5	32—34	3,5	3—4	4750-4950					STAS 1511-55

Observaţie: La întocmirea acestei tabele s-au folosit datele Institutului de Energetică al Academiei R. P. R. şi cele cuprinse în standardele indicate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2.3. **Cărbuni artificiali produși în R.P.R.**

Caracteristici	Cocs tip R pentru furnale STAS 3258-52	Cocs pentru turnătorie STAS 1644-50	Mangal de bocșă STAS 1532-50		Mangal de retortă STAS 1201-57				Brichete din cărbuni
			Tip I selecționat	Tip II neselecționat	Tip A pentru uz general		Tip B pentru cărbune activ		
					cal. I	cal. II	cal. I	cal. II	
Umiditate max. %	5	3	10	10	12	15	6	6	3—7
Cenușă max. %	16	4	2,5*	2,5*	2,0*	2,0*	1,5*	2,0*	14—38,5*
Sulf total max. %	2	1							
Materii volatile max. %	1,5	3	—	—	30*	30*	12*	20*	23—48
Ganulații, reziduri pe ciurul 2,5 min. %	95	6							
0—40 mm max %			12	—	—	—	—	—	
> 40 mm min %			76	—	—	—	—	—	
30—50 mm max %			—	—	8	—	10	—	
< 30 mm max %			—	—	1	8	4	8	
Porozitate %	40—50	50							
Greutate în grămadă kgf/m³	450—550	450—560	210—250	210—250	225	—	—	—	
Rezistența la sfărîmare în tobă min. %	R_{40}=60	R_{40}=75	65	—	—	—	—	—	
Putere calorică superioară min. kcal/kgf	6 200	8000	7500	6500					4100—6800

Observație: * se referă la combustibilul anhidru.

Scanned with OKEN Scanner

2.3. COMBUSTIBILI LICHIZI

Combustibilii lichizi aproape în totalitatea lor se extrag prin distilare fracţionată din ţiţei.

Ţiţeiul (petrol brut) este un combustibil lichid natural alcătuit dintr-un amestec al unui număr foarte mare de hidrocarburi gazoase, lichide şi solide.

Principalii combustibili lichizi sînt:

— *benzina* — amestec de hidrocarburi care fierb între 35 şi 200°C; este arsă în stare de vapori, în amestec cu aer în motoare cu aprindere cu scînteie (automobile, avioane etc.);

— *petrolul* — amestec de hidrocarburi care fierb între 180 şi 300°C; este ars în stare de vapori, în amestec cu aerul (tractoare, turboreactoare etc.);

— *motorina* — amestec de hidrocarburi mai grele, care fierb între 250 şi 370° C; este arsă prin pulverizare în aer puternic preîncălzit (motoare Diesel);

— *păcura* — amestec complex de hidrocarburi grele, care fierb între 300 şi 550°C, avînd la temperatura obişnuită o consistenţă vîscoasă, semisolidă; este arsă în stare pulverizată, preîncălzită în prealabil la 95—105°C, în focarele cazanelor de abur şi în cuptoare industriale.

Principalele proprietăţi specifice combustibililor lichizi energetici sînt următoarele:

— *Viscozitatea* reprezintă rezistenţa pe care o opune lichidul deplasării particulelor lui, în timpul curgerii. Prin viscozitate convenţională Engler a unui lichid, se înţelege raportul dintre timpul necesar pentru scurgerea a 200 cm^3 de lichid din viscozimetrul Engler, la temperatura standardizată (20, 50, 65, 100°C) şi timpul necesar pentru curgerea a 200 cm^3 de apă distilată, din acelaşi viscozimetru la temperatura de 20°C.

Viscozitatea convenţională se măsoară în grade Engler (°E).

— *Temperatura (punctul) de congelare* este temperatura la care combustibilul lichid devine atît de vîscos încît în eprubeta umplută cu el şi înclinată la 45°, timp de un minut, meniscul nu se deplasează. La această temperatură combustibilul nu mai poate fi manipulat cu ajutorul instalaţiilor de pompare.

— *Temperatura (punctul) de inflamabilitate* este temperatura la care o probă din combustibilul lichid respectiv, încălzită în anumite condiţii, dă naştere la o cantitate de vapori care formează împreună cu aerul un amestec combustibil care se aprinde în contact cu o flacără. Temperatura de inflamabilitate caracterizează combustibilul în ce priveşte pericolul de aprindere în timpul depozitării şi comportarea acestuia în timpul întrebuinţării.

Ea se determină cu aparatele Abel-Pensky pentru petroluri, Pensky-Martens pentru motorine şi combustibil pentru calorifer, Marcusson pentru păcură.

În tabela 2.4 sînt cuprinse caracteristicile principale ale unor combustibili lichizi produşi în R.P.R.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 2.4. **Combustibili lichizi produşi în R.P.R.**

Caracteristici	Combustibil lichid pentru calorifere şi focare industriale STAS 54-59	Motorină STAS 240-57	Păcură STAS 51-59
Viscozitate la 20°C max. °E	2,8—3,5	1,2—1,7	15—35*
Punct de inflamabilitate *MP*, min. °C	55—60	65	90—100
Punct de congelare max. °C	—5 +10	—20 +5	10—42
Aciditate minerală şi alcalinitate	l i p s ă		
Apă max.%	0,5	lipsă	1
Cenuşă max.%	0,1—0,4	0,01	0,3
Sulf max.%	0,3—1	0,25	1
Sedimente max.%	0,2—0,5	lipsă	0,5—1
Cocs max.%	1—10	0,1	8—14,5
Indice diesel, min.		40—48	
Putere calorică inferioară min., kcal/kgf	9 500—9 700		9 400—9 500

O b s e r v a ţ i i: Combustibilul lichid uşor pentru calorifere şi focare industriale (STAS 54-59) se obţine prin diluarea de reziduri de distilare a ţiţeiului cu distilate de ţiţei, avînd viscozitate pînă la maximum 6°E la 50°C.

Păcura (combustibil lichid greu pentru focare industriale STAS 51-59) se obţine ca reziduu la distilarea simplă a ţiţeiului sau la distilarea distructivă a reziduriilor de distilare, precum şi prin amestecarea acestora cu fracţiuni de distilare astfel încît viscozitatea produsului să nu fie inferioară valorii de 6°E la 50°C.

* Viscozitate la 50°C.

Scanned with OKEN Scanner

2.4. COMBUSTIBILI GAZOȘI

Combustibilii gazoși sînt materiale combustibile care la presiunea și temperatura obișnuită se găsesc în stare gazoasă.

Combustibilii gazoși naturali se extrag din pămînt prin sonde (gaze naturale) sau din țiței (gaze de sondă).

Combustibilii gazoși artificiali se obțin prin prelucrarea termică a cărbunilor (gaze de gazogen, de furnal, de cocserie, de gazeificare subterană etc.) și a produselor petrolifere (gaze de rafinărie) (v. cap. 5).

În tabela 2.5 sînt cuprinse caracteristicile gazului natural din Transilvania, iar în tabela 3.6 caracteristicile medii ale unor combustibili gazoși artificiali.

Tabela 2.5. **Caracteristicile gazului natural din Transilvania**

Greutatea moleculară	16,13
Greutatea specifică la 15°C și 760 mm Hg, kgf/m³	0,678
Greutatea specifică relativă	0,554
Constanta R a gazului kgf·m/kgf·°K	52,6
Temperatura de solidificare, °C	—184
Temperatura de fierbere, °C	—165
Presiunea critică, kgf/cm²	45
Puterea calorică superioară kcal/Nm³	9 523
Puterea calorică inferioară kcal/Nm³	8 544
Limite de explozie % de volum gaz în aer	5—15,4

Scanned with OKEN Scanner

III

ARDEREA COMBUSTIBILILOR

3.1. PROCESUL DE ARDERE

3.1.1. Generalităţi

Arderea este combinarea *intensă* a părţilor combustibile (carbonul, hidrogenul, sulful) dintr-un combustibil (sau a compuşilor lor, hidrocarburile) cu oxigenul din aer, însoţită de degajarea unei cantităţi mari de căldură şi de o creştere importantă a temperaturii. Căldura degajată provoacă incandescenţa combustibilului sau a produselor de ardere, dînd lumină.

Oxigenul necesar arderii este luat din aer.

Aerul atmosferic este un amestec de mai multe corpuri gazoase: azot, oxigen şi în cantităţi foarte mici, bioxidul de carbon, argonul, neonul şi alte gaze.

Pentru calcule practice de ardere, compoziţia aerului se consideră în volume: oxigen 21%, azot 79%.

Temperatura de aprindere. Combustibilii industriali în contact cu aerul la temperatura normală nu ard. Pentru ca procesul chimic al arderii să aibă loc în condiţiile cerute în industrie, adică să fie foarte activ şi să dezvolte căldură multă, este necesar ca, în prealabil, combustibilul să fie adus prin încălzire la o anumită temperatură.

Temperatura la care combustibilul degajă gaze care, aprinse de o flacără sau o scînteie, ard, se numeşte temperatura de aprindere (tabela 3.1).

Tabela 3.1. **Temperatura de aprindere a combustibililor**

Denumirea combustibilului	Temperatura de aprindere °C	Denumirea combustibilului	Temperatura de aprindere C°
Carbon curat	800	Cocs metalurgic	600—700
Lemn uscat	250—300	Hidrogen	600
Turbă uscată	225—280	Metan	650
Ligniţi, cărbuni bruni	300—450	Etan	520
Huilă	400—500	Acetilenă	540
Antracit	700—800	Oxid de carbon	650
Mangal	180—300	Gaze naturale	650—750
Semicocs de lignit	200—400	Vapori de benzină	480—550
Semicocs de huilă	350—500	Vapori de motorină	330—350
Cocs de gaz	450—600	Păcură	500—650

Scanned with OKEN Scanner

Temperatura de aprindere este o caracteristică termotehnică a fiecărui fel de combustibil.

Dacă temperatura scade sub temperatura de aprindere, combustibilul nu mai arde, focul se stinge.

Viteza de aprindere, numită şi viteza de ardere sau viteza de propagare a flacării, este viteza cu care se propagă arderea în masa combustibilului încălzit în contact cu oxigenul din aer şi se măsoară în metri pe secundă. Ea este maximă cînd amestecul de aer şi de gaze combustibile, respectiv cele degajate de combustibilul încălzit, corespunde proporţiilor teoretice reacţiei chimice a arderii. Această proporţie determină *limita de aprindere*, adică concentraţia limită a gazului combustibil în amestec cu aerul, la care acest amestec poate arde, bineînţeles dacă temperatura sa depăşeşte sau este egală cu temperatura de aprindere.

Viteza de aprindere a hidrogenului este de 2,67 m/s; a oxidului de carbon de 0,33 m/s; a metanului de 0,25—0,60 m/s etc.

Dacă aerul este preîncălzit, viteza de aprindere se măreşte.

3.1.2. Arderea completă

Dacă tot carbonul şi hidrogenul combustibilului se combină cu oxigenul din aer, formînd bioxid de carbon şi apă, arderea se numeşte completă sau perfectă.

Relaţiile de ardere se pot reprezenta în mod simplu, astfel:

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O.$$

Pentru arderea completă este nevoie, în primul rînd, să existe cantitatea necesară de oxigen şi apoi să existe posibilitatea ca acest oxigen (sau aer) să pătrundă în toate părţile combustibilului, spre a se putea combina cu el.

Arderea completă este mai uşor realizabilă dacă combustibilul se află în stare de mărunţire fină, de pildă, cărbunii în praf, sau dacă această mărunţire se poate executa uşor chiar în momentul arderii, cum este cazul combustibililor lichizi. Combustibilii gazoşi se află, în mod natural, în stare de dispersiune moleculară, din care cauză, arderea lor completă se realizează uşor.

O altă condiţie a arderii complete este ca ea să aibă loc cu o cantitate de oxigen cît mai apropiată de cea teoretic necesară, stabilită pe baza reacţiilor de ardere date mai înainte. Un exces de aer dat arderii reprezintă un balast, deoarece el nu este util arderii şi, încălzindu-se pe seama căldurii produselor de ardere, coboară temperatura acestora.

Prin ardere completă, combustibilul este folosit în mod optim fără a pierde nimic din materiile combustibile pe care le conţine.

Cantitatea de aer necesară arderii complete depinde de compoziţia chimică a combustibilului. Tabela 3.2 cuprinde cantitatea teoretică de oxigen, respectiv de aer, necesară pentru arderea carbonului, hidrogenului şi sulfului, volumele fiind raportate la 15°C şi 760 torr.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3.2. Cantitatea teoretică de oxigen și de aer necesară arderii elementelor combustibile

Elementul combustibil		Oxigen		Aer	
		kgf	Nm³	kgf	Nm³
Carbon	1 kgf	2,667	2,033	11,561	9,677
Hidrogen	1 kgf	7,936	6,051	34,228	28,800
	1 Nm³	0,656	0,5	2,830	2,385
Sulf	1 kgf	0,998	0,762	4,300	3,650

3.1.3. Ardere incompletă

Dacă în gazele de ardere se găsesc și gaze care pot arde — oxid de carbon, hidrogen — arderea este incompletă.

Arderea incompletă poate avea două cauze: 1) chimică și 2) mecanică.

1. Cînd cantitatea de aer dată arderii combustibilului este mai mică decît cea teoretic necesară, o parte din carbonul și hidrogenul combustibilului nu pot arde din lipsă de aer. De obicei, la lipsa de aer carbonul arde incomplet dînd naștere la oxid de carbon:

$$2\,C + O_2 \longrightarrow 2\,CO.$$

Dacă, dimpotrivă, cantitatea de aer folosită pentru ardere este mult mai mare decît cea teoretic necesară, particulele de combustibil pot fi răcite local, sub temperatura lor de aprindere, ele nemaiarzînd.

2. Chiar cînd cantitatea de aer cu care are loc arderea poate asigura, în condițiile date, combinarea oxigenului cu toată cantitatea de elemente combustibile ale combustibilului industrial, arderea poate fi incompletă. Cauzele sînt datorite felului cum este condusă arderea și anume:

— un exces prea mare de aer provoacă o viteză exagerată a aerului prin barele grătarului; în stratul de combustibil se pot forma cratere sau găuri, prin care particulele de combustibil, nearse complet, sînt antrenate și pleacă cu gazele de ardere;

— stratul de combustibil de pe grătar este prea înalt; în acest caz, bioxidul de carbon format din arderea carbonului, trecînd prin stratul incandescent de combustibil, este redus în oxid de carbon:

$$CO_2 + C \longrightarrow 2\,CO;$$

— efectul de pulverizare al injectorului de combustibil lichid este nesatisfăcător, sau arzătorul de gaze nu este corect conceput;

— compoziția cenușii combustibilului solid are efect asupra arderii; o cenușă conținînd mult oxid de calciu, oxizi de fier, sulfat de calciu și săruri alcaline, are un punct de topire relativ coborît (1 000°—1 200°C) și poate îngloba

particule de combustibil nears; dacă o astfel de cenușă trece repede din starea înmuiată în stare topită, atunci îmbîcsește combustibilul de pe grătar, formînd turte sau bulgări, care stînjenesc buna desfășurare a arderii; cenușa topită și solidificată — zgura — poate forma depozite mari în focare, dereglînd întregul proces de ardere;

— un focar dimensionat necorespunzător pentru felul combustibilului ars, contribuie la arderea incompletă.

Consecința arderii incomplete sînt pierderile însemnate de combustibil, deci de căldură. O parte din carbonul combustibilului pleacă nears cu gazele de ardere, sub formă de funingine; o altă parte pleacă ars incomplet, ca oxid de carbon. Hidrogenul poate pleca și el, nears, cu gazele de ardere. Pierderile de combustibil prin cenușă și zgură se produc mai ales la arderea combustibililor solizi.

3.1.4. Exces de aer; lipsă de aer; factor de aer

În condițiile industriale arderea completă a combustibilului cu cantitatea teoretică de aer nu se poate realiza. Arderea completă necesită întotdeauna un exces de aer, însă pentru ca acest exces să nu aibă un efect contrar decît cel urmărit, s-a stabilit din practică excesul de aer necesar fiecărui fel de combustibil. Tabela 3.3 dă excesul de aer necesar pentru arderea completă a unor combustibili industriali. Excesul este exprimat în % față de cel teoretic necesar.

Tabela 3.3. **Excesul de aer necesar arderii unor combustibili în %**

Denumirea combustibilului	Instalația de ardere			
	Grătar plan		Grătar mecanic	Fără grătar
	cu alimentare manuală	cu alimentare mecanică		
Lemn	20—40	—	—	—
Turbă	80—100	—	50	—
Lignit, cărbune brun	70—100	30—50	30—50	—
Huilă	60—90	40—80	30—60	—
Antracit, cocs	50	40	—	—
Cărbune pulverizat	—	—	—	20—40
Păcură	—	—	—	20—40
Gaze naturale	—	—	—	10—30

Excesul de aer este determinat de natura combustibilului, de construcția focarului, a dispozitivelor de ardere (grătare, pulverizatoare, arzătoare) și de condițiile exploatării (tiraj, neetanșeități etc.). Atît timp cît excesul de aer nu depășește limitele indicate în tabela 3.3, se poate considera că arderea se face în condiții bune.

Arderea cu *lipsă de aer* se datorește de obicei unei neglijențe sau unor defecțiuni ale instalației.

Scanned with OKEN Scanner

Factorul de aer se numește raportul dintre cantitatea reală de aer V și cantitatea teoretică de aer necesară V_o pentru combustibilul considerat,

$$\alpha = \frac{V}{V_o}. \tag{3.1}$$

Valoarea acestui raport în cazul excesului de aer este mai mare decît unitatea, iar în cazul lipsei de aer, mai mică decît unitatea.

Astfel, dacă 1 kgf de păcură a fost arsă cu 14 m³ de aer, excesul de aer este (conform tabelei 3.5) de 14 — 10,4 = 3,6 m³. Factorul de aer este $\alpha = \frac{14}{10,4} = 1,34$.

Deoarece factorul de aer este egal cu unitatea pentru arderea teoretică, atunci (1,34—1)·100 = 34%, adică arderea s-a făcut cu un exces de aer de 34%.

Un astfel de calcul simplu este însă foarte greu, dacă nu imposibil de executat în condițiile industriale ale arderii. Nu se poate măsura direct și exact cantitatea de aer dată arderii, în schimb se poate determina cu exactitate compoziția chimică a combustibilului folosit la ardere și compoziția chimică a produselor de ardere. Din aceste date se determină coeficientul de exces de aer, cum se va arăta mai departe.

3.2. PRODUSELE ARDERII

La arderea completă cu un exces de aer, produsele sub formă de gaze ale arderii sînt constituite din: bioxid de carbon, vapori de apă, bioxid de sulf, oxigen și azot.

Bioxidul de carbon, vaporii de apă și bioxidul de sulf provin din arderea elementelor combustibile ale combustibilului (carbon, hidrogen și sulf) iar oxigenul și azotul din aerul de ardere.

La arderea incompletă produsele de ardere mai conțin, pe lîngă constituenții menționați și oxid de carbon și hidrogen nears.

În tabelele 3.4, 3.5 și 3.6 este dat conținutul maxim în bioxid de carbon din gazele de ardere, la arderea perfectă, a unor combustibili industriali, solizi, lichizi și gazoși.

Aceste valori sînt orientative; valorile reale se stabilesc în laboratorul chimic pe baza analizei elementare a combustibilului respectiv.

Calcularea produselor de ardere, pe baza analizei elementare a combustibilului se face cu ajutorul reacțiilor chimice de ardere și a greutății moleculare respective.

Astfel, la *arderea carbonului*

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

din 12 kgf de carbon, care ard complet cu 32 kgf de oxigen (sau 22,4 Nm³) iau naștere 44 kgf de bioxid de carbon (sau 22,4 Nm³). Deci arderea a 1 kgf

de carbon, necesită 2,67 kgf de oxigen (sau 1,87 Nm^3) și produce 3,67 kgf de bioxid de carbon (sau 1,87 Nm^3).

La arderea hidrogenului:

$$2\,H_2 + O_2 \longrightarrow 2\,H_2O,$$

din 4 kgf de hidrogen (sau 44,8 Nm^3), care ard complet cu 32 kgf de oxigen (sau 22,4 Nm^3) iau naștere 36 kgf de vapori de apă (sau 44,8 Nm^3). Din 1 kgf de hidrogen (sau 11,2 Nm^3), care necesită pentru ardere 8 kgf de oxigen (sau 5,6 Nm^3), iau naștere 9 kgf de vapori de apă (sau 11,2 Nm^3).

La arderea sulfului:

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2,$$

din 32 kg de sulf (22,4 Nm^3) și care ard complet cu 32 kgf de oxigen (sau 22,4 Nm^3) iau naștere 64 kgf de bioxid de sulf (sau 22,4 Nm^3). Din 1 kgf de sulf (sau 0,7 Nm^3), care necesită pentru ardere 1 kgf de oxigen (sau 0,7 Nm^3), iau naștere 2 kgf de bioxid de sulf (sau 0,350 Nm^3).

Dacă gazele de ardere au temperatură mai mare decît 100°C, cum este cazul la arderile industriale, vaporii de apă nu se condensează ci rămîn ca atare în produsele de ardere. În acest caz gazele de ardere sînt umede.

Dacă prin răcire artificială, se reduce temperatura gazelor de ardere sub 100°C, vaporii de apă se condensează, adică trec în stare lichidă, ocupînd un volum neglijabil față de volumul lor în stare de vapori. În acest caz gazele de ardere se consideră uscate. Unele aparate de analiză — mai ales cele bazate pe procedee chimice — răcesc în prealabil proba de gaze și deci analiza se efectuează asupra gazelor de ardere uscate. De acest lucru trebuie să se țină seamă cînd se controlează condițiile în care are loc arderea.

Conținutul în vapori de apă al gazelor de ardere mai provine și din umiditatea combustibilului. Dacă aceasta este W în % de greutate, vor lua naștere W kgf de vapori de apă din ardere a 100 kgf de combustibil sau, 1,244 W Nm^3 vapori de apă.

Cunoscîndu-se și conținutul în hidrogen (H) al combustibilului în % de greutate, se poate determina conținutul total de vapori de apă: $9\,H + W$ kgf pentru 100 kgf combustibil ars complet, respectiv volumul: $11{,}2\,H + 1{,}244\,W$ Nm^3 de vapori de apă.

Pe baza acestor date și a analizei elementare a combustibilului, se pot calcula produsele de ardere, umede sau uscate, rezultate din arderea teoretică a unui combustibil dat și deci se poate calcula conținutul maxim de bioxid de carbon din gazele de ardere.

Pentru a se determina greutatea specifică a gazelor de ardere se ține seamă că:

1 Nm^3 de CO_2 cîntărește 1,97 kgf;
1 Nm^3 de O_2 cîntărește 1,43 kgf;
1 Nm^3 de N_2 cîntărește 1,257 kgf.

Astfel un gaz de ardere (uscat) constituit din 12% CO_2, 7% O_2 și 81% N_2, va avea o greutate specifică de:

$$(0{,}12 \times 1{,}97) + (0{,}07 \times 1{,}43) + (0{,}81 \times 1{,}257) = 1{,}354\ kgf/Nm^3.$$

Tabelele 3.4, 3.5 și 3.6 cuprind caracteristicile termotehnice ale principalilor combustibili solizi, lichizi și gazoși.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3.4. **Caracteristicile medii termotehnice ale combustibililor solizi**

Combustibilul	Valori raportate la: masa combustibilă — Carbon C %	Hidrogen H %	Oxigen O %	Azot N %	Sulf S %	Materii volatile V %	Puterea calorică inferioară Q_i^{mc} kcal/kgf	Volumul aerului necesar pentru ardere L Nm³/kgf	Volumul gazelor de ardere V_g Nm³/kgf	Volumul gazelor de ardere uscate $V_{g.us}$ Nm³/kgf	Bioxid de carbon, maxim CO_{2max} %	proba inițială — Cenușă A %	Umiditate W %	Putere calorică inferioară Q_i kcal/kgf
Lemn	50	6	44	0,1	0	70	4500	5,0	5,7	5,0	18,7	0—0,2	40—60	2000
Turbă	56	5,6	34,4	3,5	0,1	72 60	5000 5500	5,8—6	6,1—6,5	5,5—5,9	18,8	0—5	15—85	1700—3300
Lignit	67	5,6	25	1	1	60 52	5800 6800	6,4—7,4	6,8—7,7	6,2—7,1	18,7	2—8	45—60	1700—3100
Cărbune brun	74	5,8	18	1,5	1	52 45	6800 7300	7,4—7,9	7,7—8,1	7,1—7,6	18,5	2—10	13—15	4000—5700
Huilă pentru gaze	84	5,1	8	1,5	1	35 27	8000 8400	8,6—9,0	8,8—9,1	8,3—8,6	18,5	3—10	1—10	6500—7900
Huilă grasă	88	4,9	5	1,5	1	27 18	8400 8500	9,0—9,1	9,1—9,2	8,6—8,7	18,9	3—10	1—10	6000—8150
Antracit	92	3	2	1,2	1	10 5	8400 8250	9,0—8,8	9,1—9,0	8,7—8,7	19,8	3—10	1—10	6500—8000
Cocs de huilă	90	2,3	6,5	—	2,5	14	7800	9,8	10,2	9,8	18,5	13—22	12—22	3900—4700

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3.5. Caracteristicile medii termotehnice ale combustibililor lichizi

Combustibilul	Compoziția masei combustibile în % greutate				Cenușă anhidră A	Umiditate W	Puterea calorică inferioară Q_i^{mc}	Volumul aerului necesar pentru ardere L	Volumul gazelor de ardere V_g	Volumul gazelor de ardere uscate $V_{g.us}$	Bioxid de carbon CO_2	Vapori de apă H_2O	Bioxid de carbon maxim CO_{2max}.
	C	N	S	O+N									
	%	%	%	%	%	%	kcal/kgf	Nm³/kgf	Nm³/kgf	Nm³/kgf	Nm³/kgf	Nm³/kgf	%
Benzină	85,0	14,9	0,05	0,05	0	0	10 450	11,6	12,3	10,65	1,59	1,68	14,9
Petrol	86,0	13,7	0,2	0,1	0	0	10 260	10,9	11,5	10,15	1,83	1,69	15,6
Combustibil pentru motoare Diesel și tractoare	85,1	12,6	0,9	1,4	urme	urme	10 100	10,9	11,6	10,18	1,82	1,63	15,5
Motorină	86,5	12,8	0,3	0,4	0,02	urme	10 110	—	—	—	—	—	—
Păcură cu conținut mic de sulf	87,5	11,2	0,6	0,7	0,2	0,3	9 420	10,4	11,27	9,89	1,85	1,58	16,2
Păcură cu conținut mare de sulf	85,0	11,8	2,5	0,7	0,15	1,0	9 620	10,6	11,47	10,0	1,82	1,47	15,4

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 3.6. Caracteristicile medii termotehnice

Denumirea gazelor	Compoziția în % volum							
	CO	H_2	CH_4	C_mH_n	H_2S	CO_2	O_2	N_2
Gaz metan	—	—	99,4	—	—	—	—	0,6
Gaz de apă								
din cocs	37,0	50,0	0,5	—	0,3	6,5	0,2	5,5
din antracit	38,5	48,0	0,5	—	0,5	6,0	0,2	6,3
Gaz de apă dublu	27,0	46	7,5	0,7	15,0	—	0,1	3,5
Gaz de aer	32,5	0,7	—	—	1,0	—	—	65
Gaz de semicocsificare:								
din lignit Jilava-Pescăreasa	13,7	9,0	17	2,6	4,6	47,5	—	3,9
din cărbune brun amorf Pralea	9,2	17,7	8,4	1,9	1,2	54,7	—	4,7
din cărbune brun lucios Comănești	10,2	12,1	16,1	3,3	5,5	37,9	—	5,9
din huilă de gaz Lupeni	5,6	13,3	48,8	6,3	3,6	13,6	—	5,7
Gaz de cocsificare:								
curățit	6,8	57,5	22,5	1,9	0,4	2,3	0,8	7,8
necurățit	6,8	57,0	22,3	2,7**	0,4	2,3	0,8	7,7
Gaz mixt (de amestec)								
din cărbune din Valea Jiului	26,5	13,5	1,8	0,3	1	6,0	0,2	50
din cărbune brun de Comănești și din lignit	27,5	14,5	1,8	0,2	1	5,5	0,2	49
din antracit sau cocs	26,5	13,5	0,5	—	0,2	5,5	0,2	52
Gaz de furnal								
din cocs	28,0	2,7	0,3	—	0,3	10,5	—	58,5
din mangal	27,0	8,0	1,6	—	—	12,0	—	51,4

*) Puterea calorică superioară.
**) Inclusiv benzolul.

Scanned with OKEN Scanner

ale combustibililor gazoşi artificiali

Puterea calorică inferioară a gazului uscat Q_i^{us} kcal/Nm³	Greutatea specifică a gazului uscat γ^{us} kgf/Nm³	Aer necesar teoretic pentru ardere V^o_{aer} Nm³/Nm³	Volumul teoretic al gazelor de ardere Nm³/Nm³			
			Azot $V^o_{N_2}$	Gaze uscate $V^o_{g\,us}$	Vapori de apă $V^o_{H_2O}$	Volumul total de gaze V^o_g
8500	0,557	9,46	7,48	8,47	1,99	10,46
2459	0,715	2,13	1,74	2,18	0,55	2,73
2464	0,736	2,13	1,75	2,10	0,53	2,73
2750	—	—	—	—	—	—
1010	—	—	—	—	—	—
3858*)	—	—	—	—	—	—
2200*)	—	—	—	—	—	—
5695*)	—	—	—	—	—	—
6876*)	—	—	—	—	—	—
3924	0,483	4,12	3,35	3,71	1,17	4,88
4142	0,507	4,37	3,55	3,95	1,19	5,14
1370	—	—	—	—	—	—
1380	—	—	—	—	—	—
2000	—	—	—	—	—	—
940	1,296	1,12	1,41	1,86	0,10	1,96
1157	1,238	0,99	1,29	1,70	1,13	1,83

Scanned with OKEN Scanner

3.3. METODE DE DETERMINARE A FACTORULUI DE AER (α)

În cazul unei arderi perfecte, adică a lipsei de CO și H_2 în gazele de ardere, se pot folosi următoarele două metode:

1) Se determină conținutul în oxigen al gazelor de ardere (O_2). Ținîndu-se seamă că, pentru calculele practice, conținutul aerului atmosferic în oxigen, poate fi luat drept 21%, factorul de aer se poate determina prin raportul:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}. \tag{3.2}$$

Fie compoziția gazelor de ardere, uscate, în volume

$$CO_2 = 10{,}6\%; \quad O_2 = 2\%.$$

Factorul de aer este:

$$\alpha = \frac{21}{21 - 2} = 1{,}105.$$

Arderea s-a făcut cu un exces de aer de: $(1{,}105 - 1) \cdot 100 = 10{,}5\%$.

2) Se calculează raportul dintre conținutul maxim de bioxid de carbon, din gazele de ardere uscate ($CO_{2\,max}$) al arderii teoretice și conținutul real în bioxid de carbon ($CO_{2\,real}$) al arderii în condițiile industriale. Factorul de aer va fi:

$$\alpha = \frac{CO_{2\,max}}{CO_{2\,real}}. \tag{3.3}$$

Fie: $CO_{2\,max} = 11{,}72\%$, iar $CO_{2\,real} = 10{,}6\%$; atunci

$$\alpha = \frac{11{,}72}{10{,}6} = 1{,}10.$$

Arderea s-a făcut cu un exces de aer de 10%.

Ambele metode sînt utile pentru un calcul rapid, dar nu sînt destul de precise.

Următoarea metodă mai exactă de calcul se poate aplica și în cazul arderii imperfecte.

Notîndu-se cu:

O_2 — conținutul, în % de volum, în oxigen al gazelor de ardere uscate;

O_2' — conținutul, în % de volum, în oxigen al gazelor de ardere umede;

V — volumul de gaze de ardere, umede, în Nm^3, obținute la arderea teoretică a unității de greutate sau de volum de combustibil;

V_o — aerul teoretic necesar arderii, în Nm^3, pentru arderea unității de greutate sau de volum de combustibil,

factorul de aer va fi:

$$\alpha = 1 + \frac{O_2'}{21 - O_2'} \cdot \frac{V}{V_o}. \tag{3.4}$$

De exemplu, pentru gazele naturale avem (conform tabelei 3.6)

$$V = 10{,}46 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

$$V_0 = 9{,}46 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

$$O_2' = O_2 \cdot \frac{8{,}52}{10{,}52} = 0{,}81 \cdot O_2.$$

Dacă $O_2 = 2\%$, $O_2' = 0{,}81 \times 2 = 1{,}62\%$, factorul de aer este:

$$\alpha = 1 + \frac{1{,}62}{21 - 1{,}62} \cdot \frac{10{,}46}{9{,}46} = 1{,}091.$$

Arderea s-a făcut cu un exces de aer de 9,1%.

3.4. EXPLOZIA

Explozia este o ardere în spaţiu închis, adică sub volum constant. Ea poate avea loc, în anumite zone ale focarului sau a canalelor, unde s-a putut acumula un amestec în anumite proporţii de gaze combustibile şi de aer, care vine în contact cu o flacără. Fenomenul se poate produce mai ales la arderea gazelor naturale. De obicei, această ardere nu are loc sub volum riguros constant; în loc de explozie se produce o răbufnire, periculoasă şi ea pentru instalaţie şi pentru personalul de deservire.

Dacă amestecul de gaz combustibil şi de aer, închis într-un spaţiu, corespunde reacţiei chimice a arderii şi se apropie o sursă de căldură (scînteie sau flacără), amestecul se aprinde şi arde în întregime, instantaneu. Căldura produsă de ardere dă loc la o mărire a volumului. Creşterea volumului provocată de încălzire, dă naştere la o presiune enormă care are efecte distrugătoare.

Explozia se produce numai în anumite condiţii de proporţie a amestecului de gaz combustibil şi aer, specific fiecărui fel de gaz. Aceste condiţii determină *limitele de explozie*, în afara cărora amestecul nu mai ia foc, chiar dacă se produce o scînteie sau se apropie o flacără. *Limita inferioară* de explozie corespunde la conţinutul minim în gaz combustibil al amestecului, la care se mai poate produce explozia. *Limita superioară* de explozie corespunde la conţinutul maxim în gaz combustibil al amestecului peste care explozia nu se mai produce, cantitatea de aer fiind insuficientă.

Între aceste limite se află domeniul exploziei. Limitele de explozie se exprimă în % de volum de gaz combustibil în amestecul gaz-aer. Tabela 3.7 dă limitele de explozie a cîtorva gaze combustibile.

Tabela 3.7. **Limitele de explozie ale unor gaze combustibile**

Denumirea gazului	Limita de explozie % de volum	
	inferioară	superioară
Hidrogen	9,45	66,4
Oxid de carbon	16,5	74,95
Metan	6,1	12,8

3.5. PUNCTUL DE ROUĂ AL GAZELOR DE ARDERE

Vaporii de apă pe care le conţin gazele de ardere se pot condensa, cînd temperatura scade. În acest caz, suprafeţele ultime de încălzire ale cazanului — şi anume preîncălzitoarele — se umezesc şi ruginesc.

În funcţie de conţinutul gazelor de ardere în vapori de apă, prin urmare de felul combustibilului ars şi de excesul de aer cu care are loc arderea, temperatura la care are loc condensarea vaporilor de apă este diferită. Această temperatură, poartă numele de *punct de rouă*; ea se măsoară în °C. În tabela 3.8 sînt date punctele de rouă ale cîtorva combustibili, pentru diferite excese de aer. Se observă că, pentru combustibilii umezi, punctul de rouă este mai ridicat, decît pentru combustibili mai uscaţi. Cu cît creşte excesul de aer, punctul de rouă scade (deoarece vaporii de apă fiind diluaţi într-un volum mai mare de gaz, presiunea lor parţială scade).

Tabela 3.8. **Punctul de rouă în °C, a unor combustibili industriali**

Combustibilul	Factor de aer λ					
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
Gaze de furnal	32	31	29	28	27	26
Huilă	43	41	38	37	36	35
Motorină	50	47	45	43	41	40
Cărbuni bruni, 15% apă	51	48	46	44	42	41
Turbă, uscată la aer	56	53	51	49	47	46
Lemn	58	55	52	50	48	47
Cărbuni bruni, 37% apă	62	58	56	54	52	50
Cărbuni bruni, 52% apă	67	63	61	59	57	55

Pentru a nu expune suprafeţele de încălzire ale cazanului la coroziuni, temperatura cu care gazele de ardere părăsesc cazanul trebuie să fie mai mare decît punctul lor de rouă.

3.6. NOMOGRAME

Nomogramele prezentate, construite pentru combustibilii solizi, lichizi şi gazoşi, permit a determina: cantitatea teoretică de aer de ardere, în raport cu analiza elementară a combustibilului, cantitatea de gaze uscate rezultate din arderi, cantitatea de vapori de apă rezultată din ardere şi conţinutul în căldură (entalpia) a componentelor gazelor de ardere rezultate.

În afară de notaţiile folosite pînă acum, pentru folosirea nomogramelor se întrebuinţează următoarele notaţii:

V_{R_2} = cantitatea de gaze biatomice (hidrogen, oxid de carbon) rezultate la arderea unui kgf de combustibil în Nm^3/kgf;
V_{RO_2} = cantitatea de gaze triatomice (bioxid de carbon) rezultate la arderea unui kgf de combustibil în Nm^3/kgf;
V_{aer} = cantitatea de aer care nu a participat la arderea unui kgf de combustibil, la excesul dat în Nm^3/kgf;
V_{ga} = cantitatea totală de gaze rezultată prin arderea unui kgf de combustibil, cu excesul de aer (α) dat în Nm^3/kgf.

Nomograma din fig. 3.1 dă cantitatea teoretică de aer în raport cu analiza elementară, pentru combustibilii solizi.

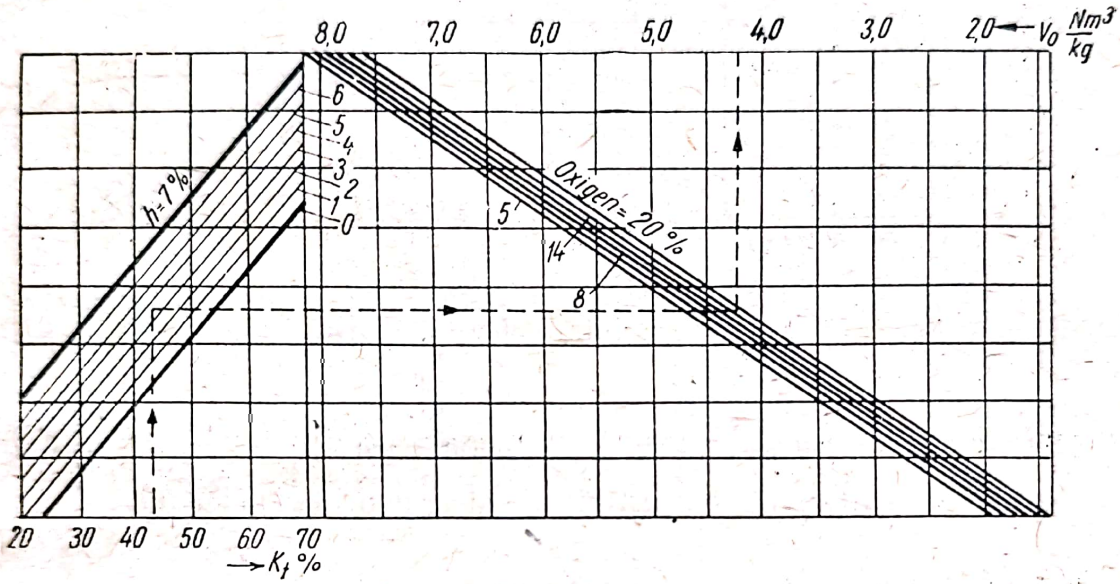


Fig. 3.1. Cantitatea teoretică de aer în funcție de analiza elementară la combustibili solizi.

Se folosește mărimea caracteristică K_t stabilită pe baza analizei elementare a combustibilului:

$$K_t = c + 0{,}375\ s$$

în care:

c este greutatea de carbon, în % :
s = greutatea de sulf combustibil, în %.

Exemplu: Se presupune un combustibil care conține 3,7% hidrogen (h), 17,9% oxigen și aer $K_t = 42{,}9\%$.

Se duce o verticală de la punctul $K_t = 42{,}9$ pînă la $h = 3{,}7$, iar de acolo o orizontală pînă la oxigen = 17,9. Din acest ultim punct se duce o nouă verticală, cu ajutorul căreia se obține

$$V_0 = 4{,}2\ Nm^3/kg.$$

Nomograma din fig. 3.2 dă cantitatea teoretică de aer în raport cu analiza elementară, pentru combustibilii lichizi și gazoși.

Folosirea nomogramei se face exact în modul descris pentru fig. 3.1. Valorile în paranteză pentru conținutul în hidrogen (h), și valorile din rîndul superior, pentru V_0, se referă la combustibilii gazoși.

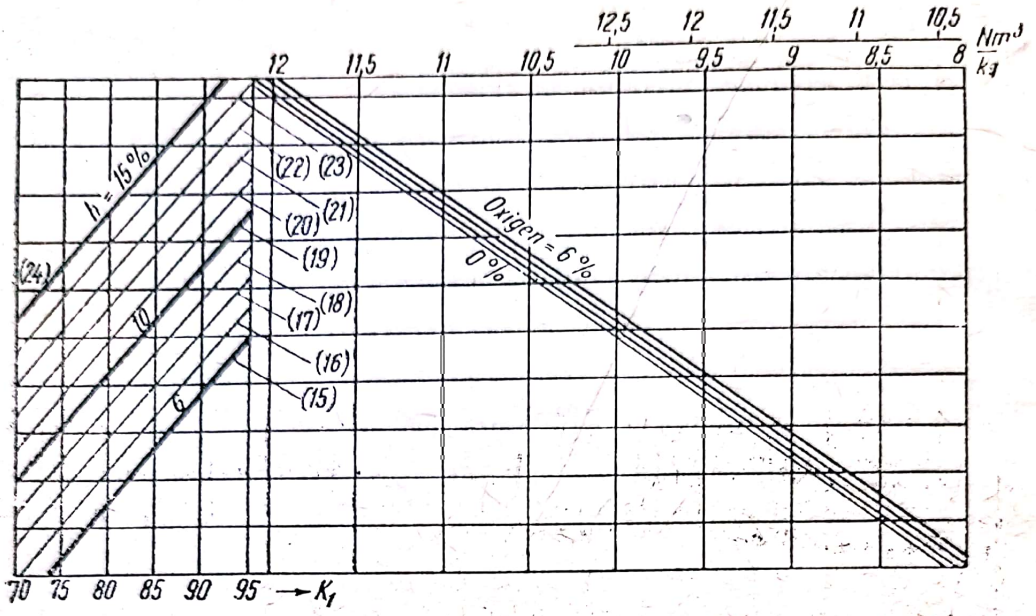


Fig. 3.2. Cantitatea teoretică de aer în funcție de analiza elementară la combustibili lichizi și gazoși.

Nomograma din fig. 3.3 permite determinarea cantității totale și parțiale de gaze de ardere, în raport cu analiza elementară, pentru combustibilii solizi.

E x e m p l u. Fie un combustibil avînd următoarea compoziție:

Hidrogen (h) = 3,7% ;
Apă (w) = 12% ;
K_t = 42,9%.

Arderea are loc cu un factor de aer $\alpha = 1{,}2$. Aerul teoretic necesar pentru arderea unui kgf de combustibil $V_0 = 4{,}2$ Nm³, care se obține în conformitate cu cele explicate la figura 3.1.

Ducînd o paralelă la abscisă, din punctul $V_0 = 4{,}2$, de pe scala din stînga, sus, a nomogramei și prelungind-o spre stînga, se obține valoarea $V_{R2} = 3{,}3$ Nm³/kgf.

Această paralelă, prelungită spre dreapta, pînă la întretăierea cu linia $K_t = 42{,}9\%$, se coboară apoi pînă la întretăierea cu linia $W = 12\%$. De aici, se duce o paralelă pînă la întretăierea cu diagonala punctată din partea inferioară, stînga, a nomogramei, și apoi, o serie de verticale și orizontale, urmînd punctele $h = 3{,}7\%$, $\alpha = 1$ și $\alpha = 1{,}2$. De aici, o paralelă la abscisă dă, pe scala din dreapta nomogramei, valoarea $V_{ga} = 5{,}6$ Nm³/kgf.

Valoarea V_{RO_2} se obține ducînd o paralelă de la punctul $K_t = 42{,}9$ de pe scara din mijloc a părții superioare a nomogramei, pînă la intersecția cu diagonala punctată a părții de sus, stînga, a nomogramei; de acolo se ridică o paralelă la ordonată, care determină valoarea $V_{RO_2} = 0{,}81$ Nm³/Kgf.

Nomograma din fig. 3.4 permite determinarea cantității totale și parțiale de gaze de ardere, în raport cu analiza elementară pentru combustibilii lichizi.

Folosirea nomogramei se face în modul descris pentru fig. 3.3.

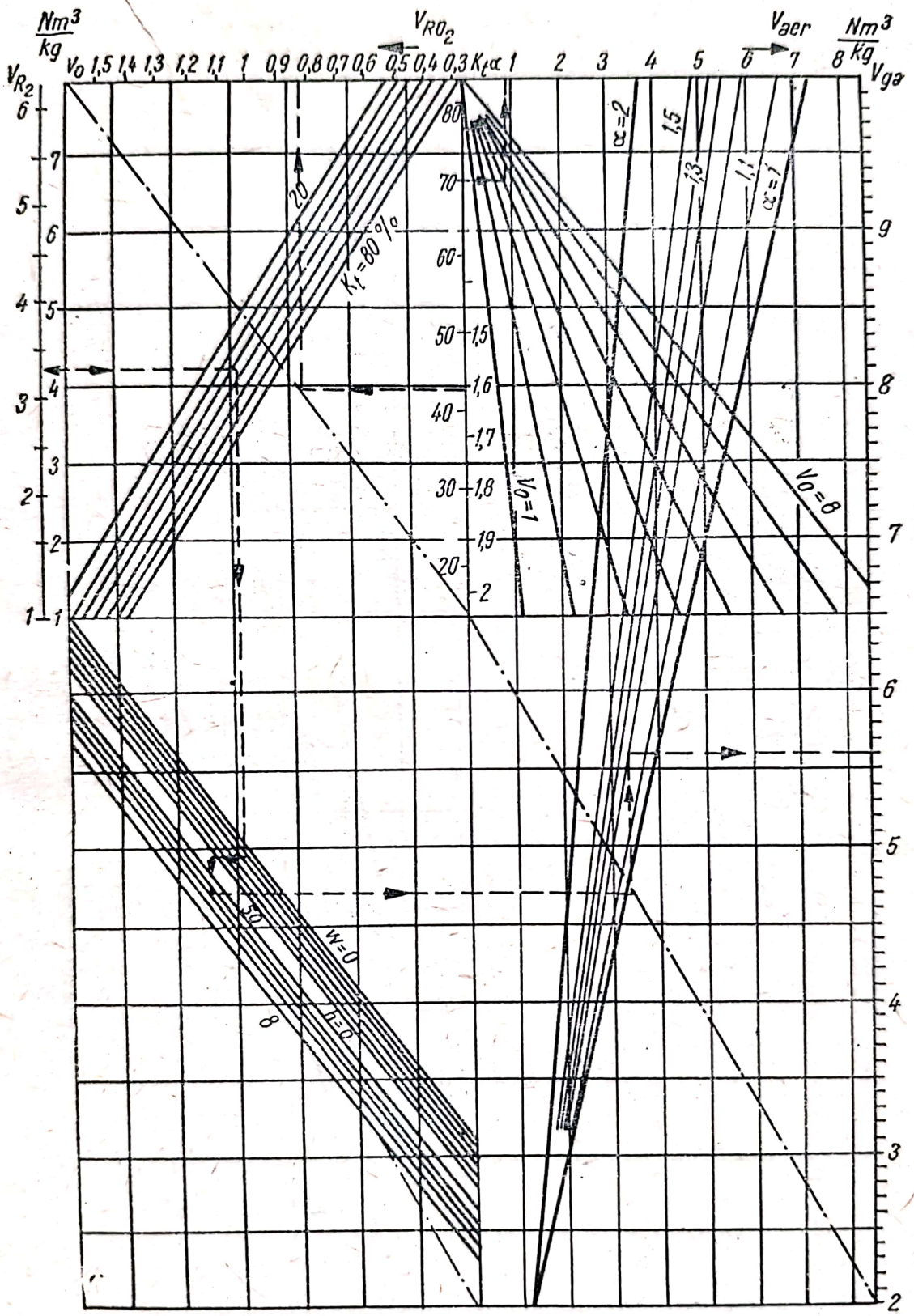


Fig. 3.3. Determinarea cantității totale și parțiale de gaze de ardere în funcție de analiza elementară la combustibili solizi.

Scanned with OKEN Scanner

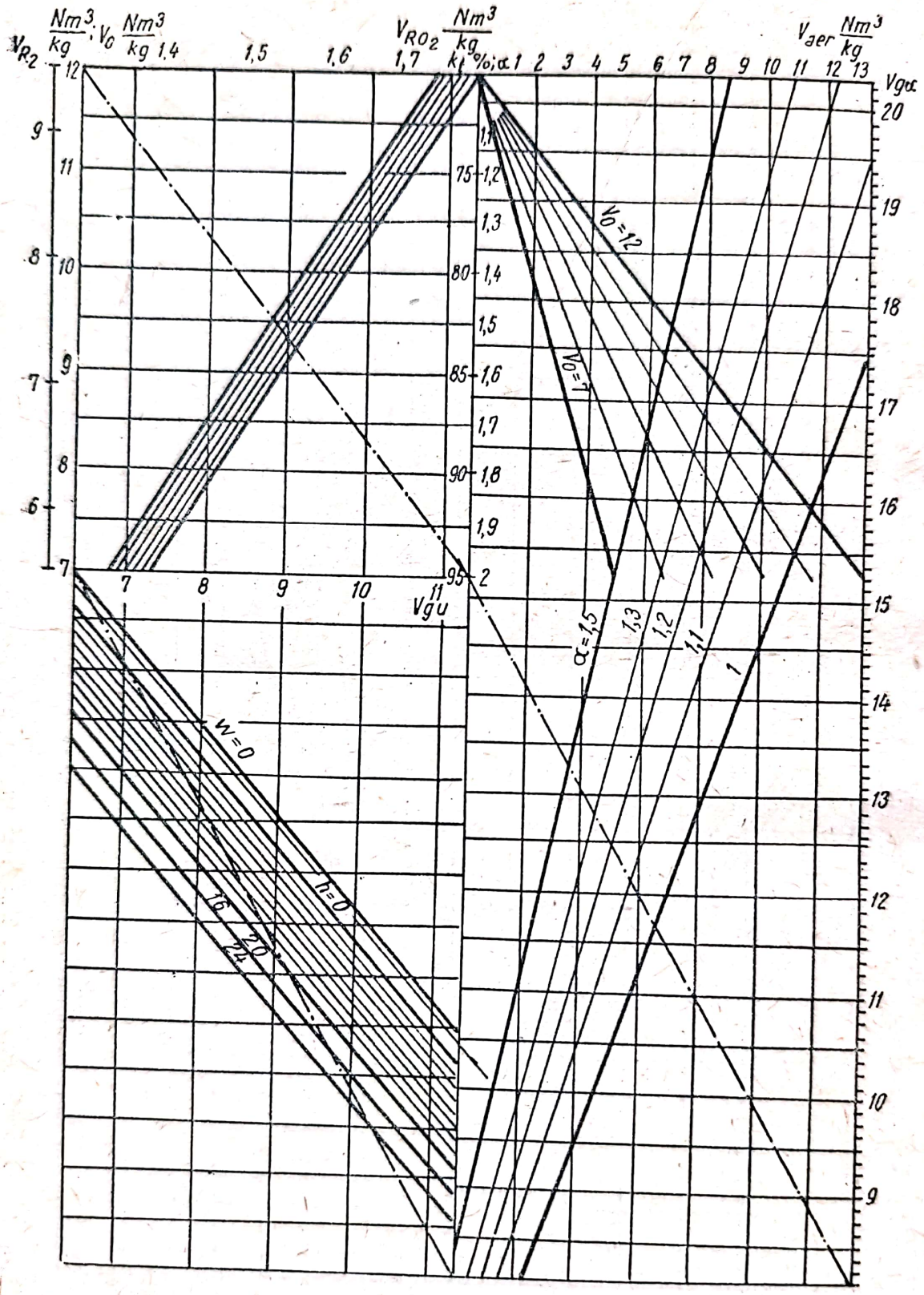


Fig. 3.4. Determinarea cantității totale și parțiale de gaze de ardere în funcție de analiza elementară la combustibili lichizi.

IV

INSTALAȚII DE ARDERE

4.1. INSTALAȚII PENTRU ALIMENTARE CU COMBUSTIBIL

Instalațiile pentru alimentare cu combustibil sînt foarte variate și depind de natura combustibilului (solid, lichid sau gazos), de tipul și mărimea instalației de ardere, de modul cum se face alimentarea (manual, mecanizat) etc.

În cele ce urmează sînt descrise cîteva instalații de alimentare cu combustibil utilizate în țara noastră.

4.1.1. Instalații pentru alimentare cu combustibili solizi

Cărbunele este combustibilul solid cel mai mult întrebuințat pentru obținerea energiei termice.

Transportul cărbunelui de la mină la depozit se realizează de obicei cu funiculare, cu vagoane de cale ferată sau pe apă cu șlepuri remorcate.

Depozitele de cărbune pot ocupa o suprafață însemnată după calitatea cărbunelui, consumul zilnic, rezerva necesară și gradul de mecanizare a lucrărilor de încărcare și de descărcare.

Descărcarea cărbunelui din vagoane obișnuite în depozite, este o operație dificilă care necesită manoperă mare. Din această cauză, în cazul unui consum însemnat de combustibil, se folosesc vagoane speciale de mare capacitate, cu descărcare automată, lopeți mecanice, macarale graifer etc.

Tipurile de depozite mai des utilizate sînt: depozitele cu benzi transportoare, (fig. 4.1), depozitele cu macarale graifer (fig. 4.2), depozitele cu buldozere, depozitele cu screpere, depozitele circulare cu macara turnantă etc.

Fig. 4.1. Depozit de cărbune cu benzi transportoare.

Cărbunii ținuți timp îndelungat în depozit se degradează pierzîndu-și o parte din puterea lor calorică, se fărămițează și se pot autoaprinde.

Experimental s-a constatat că autoaprinderea cărbunilor se produce după un anumit timp de depozitare datorită următoarelor cauze principale; diversitate de granulație, căldură și prezența aerului.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a se evita autoaprinderea și pentru a se diminua degradarea cărbunelui, construcția depozitelor trebuie să respecte anumite condiții prevăzute de STAS 5986-58.

De asemenea la depozite trebuie luate următoarele măsuri tehnice:

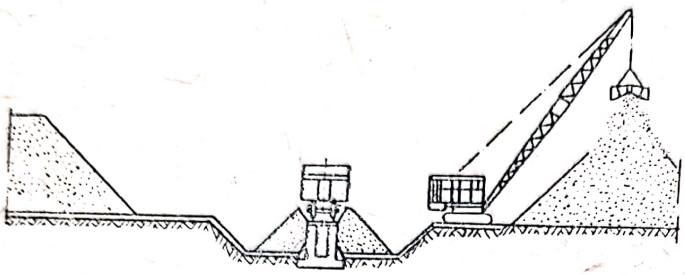


Fig. 4.2. Depozit de cărbune, cu macara graifer.

— cărbunele se așază în stive cu forme geometrice regulate și de anumite înălțimi (vezi tabelele 4.1 și 4.2);

— depozitarea în stive se face separat, după natura (proveniența) și sortimentul granulometric al cărbunilor;

— stivele se fac cît mai compacte, pentru a nu se lăsa goluri și pentru a se împiedica pătrunderea aerului în interiorul stivelor;

— cărbunii care au tendința de descompunere și de autoaprindere se depozitează în stive de înălțime mică și se trec cît mai repede la consum.

În tabelele 4.2 și 4.3 se dau înălțimea stivelor și durata maximă de depozitare pentru unii cărbuni din R.P.R.

Tabela 4.1. **Dimensiunile stivelor de cărbuni**

Volumul stivei de cărbuni de orice fel, m³	Dimensiunile uzuale principale pentru stivele cu secțiunea de bază de formă				
	dreptunghiulară		trapezoidală		
	lungimea m	lățimea m	baza mare m	baza mică m	lățimea m
Pînă la 100	8—10	4—5	12—15	6—8	3— 4
101—200	15—20	4—6	14—25	8—10	4— 5
201—300	16—22	5—6	16—30	10—14	5— 6
301—400	18—25	5—7	20—35	16—20	6— 8
401—500	24—30	6—8	25—40	18—25	8—10

Dacă este necesară depozitarea cărbunilor pentru o perioadă mai lungă de timp, se iau următoarele măsuri:

— se acoperă suprafața stivei, în scopul izolării, cu un strat de bitum sau de zgură;

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 4.2. **Înălțimea maximă a stivelor și durata maximă de depozitare a cărbunilor**

Felul cărbunilor (varietăți și sortiment)	Depozite al I.R. „Combustibilul" și depouri CFR pînă la 10 000 t				Mari depozite pentru centrale electrice, depouri CFR peste 10 000 t	
	Înălțimea maximă a stivei de cărbuni, m, pentru		Durata maximă de depozitare, luni, pentru			
	Depozite acoperite (șopron)	Depozite neacoperite (aer liber)	Depozite acoperite (șopron)	Depozite neacoperite (aer liber)	Înălțimea maximă a stivei de cărbuni, m	Durata maximă de depozitare, luni
Antracit de orice fel	3,00	4,00	12	12	10,00	18
Huile cu materii volatile (inflamabile) pînă la 20% și granulația sub 10 mm	3,00	4,00	12	10	7,50	15
Huile cu materii volatile(inflamabile) pînă la 20% și cu granulația peste 10 mm	3,50	6,00	12	9	8,00	15
Huile cu materii volatile (inflamabile) peste 20% și cu granulația sub 10 mm	3,00	3,50	12	12	8,00	15
Huile cu materii volatile (inflamabile) peste 20% și cu granulația peste 10 mm	3,50	5,00	12	9	8,00	15
Cărbuni (huile și cărbuni bruni) semicocsificabili și cocsificabili	3,00	4,50	12	10	7,50	12
Cărbuni bruni în blocuri	2,50	3,50	12	12	8,00	12
Cărbuni bruni huiloși spălați și sortați	2,50	3,00	9	6	6,00	12
Cărbuni bruni ocnă (nesortați)	2,00	2,50	9	6	5,00	12
Lignit deshidratat cu granulația de 40—120 mm și 30—350 mm	2,50	3,00	8	6	5,00	10

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 4.2 (continuare)

Felul cărbunilor (varietăți și sortiment)	Depozite al I.R. „Combustibilul" și depouri CFR pînă la 10 000 t				Mari depozite pentru centrale electrice, depouri CFR peste 10 000 t	
	Înălțimea maximă a stivei de cărbuni, m, pentru		Durata maximă de depozitare, luni, pentru			
	Depozite acoperite (șopron)	Depozite neacoperite (aer liber)	Depozite acoperite (șopron)	Depozite neacoperite (aer liber)	Înălțimea maximă a stivei de cărbuni, m	Durata maximă de depozitare, luni
Lignit deshidratat, mărunt, cu granulația de 0—30 mm și 0—40 mm	2,00	3,00	8	6	6,00	10
Lignit brut (ocnă și sortat în amestec)	2,50	4,00	9	6	10,00	12
Lignit brut mărunt cu granulația de 0—30 mm	2,00	4,00	6	3	10,00	10
Lignit mărunt tăvălugit	2,50	5,00	12	9	10,00	18
Brichete de cărbuni de orice fel	2,50	3,00	8	6	5,00	12
Brichete de cărbuni (sfărîmături)	2,00	2,50	6	3	5,00	10
Cocs siderurgic (metalurgic) din huile și cărbuni bruni	2,50	3,00	12	9	7,50	15
Cocs din huilă cocsificabilă (cocs metalurgic propriu zis, cocs de cocsărie)	5,00	8,00	nelimitat teoretic, practic însă 12	12	10,00	18
Semicocs din orice fel de cărbuni	2,50	4,00	8	4	7,50	12
Turbă tăiată în calupuri sau frezată	3,00	5,00	12	6	8,00	12
Cărbune din lemn, mangal	3,00	—	6	—	5,00	9

Tabela 4.3. **Date referitoare la depozitarea cărbunilor**

Varietatea de cărbuni naturali	Sortimentul granulometric, mm	Durata de depozitare, luni	Valorile greutății volumice (greutate specifică aparentă) în kgf/m³, în condiții normale	Observații
Turbă	calupuri	1—3	400— 600	Pentru turbă tăiată în calupuri și depozitată sub șoproane acoperite
		3—6	400— 500	
Lignit brut	0—30	3	800—1000	
		3—6	750— 980	
		peste 6	720— 950	
	30—350	pînă la 3	750— 950	fără conținut de steril vizibil în probă de cîntărit
		3—6	730— 920	
		peste 6	700— 900	
Lignit ameliorat prin deshidratare	0—30 și 0—40	pînă la 3	750— 850	
		3—6	740— 820	
		peste 6	700— 800	
	40—120	pînă la 3	700— 800	proveniență de la Filipeștii de Pădure și Voievozi-Dorna Tătăruș
		3—6	680— 800	
		peste 6	650— 780	
	30—350	pînă la 3	650— 800	proveniență de la Schitu Goleşti-Muşcel
		3—6	630— 780	
		peste 6	620— 750	
Cărbune brun	0—30	pînă la 3	850—1000	
		3—6	820— 980	
		peste 6	800— 950	
	30—350	pînă la 3	800— 950	
		3—6	800— 920	
		peste 6	780— 900	
Huilă	indiferent sortimentul granulometric	pînă la 3	880—1000	Valori medii rezultate din cercetări și studii pe teren de I.C.T.M.T.T.
		3—6	880— 980	
		peste 6	850— 950	
Antracit	—idem—	pînă la 3	900—1100	
		3—6	870—1000	
		peste 6	850— 980	

Scanned with OKEN Scanner

— se așază și se presează cărbunii în straturi succesive, cu ajutorul unor valțuri (cilindrarea stivelor).

Începuturile de autoaprindere se detectează prin controlul temperaturii în interiorul stivei.

Controlul temperaturii se efectuează din cinci în cinci zile. Dacă într-unul din aceste intervale se constată o creștere a temperaturii cu 5 grd. sau dacă temperatura ajunge la 50°C, se recomandă ca acest control să se facă zilnic. Temperatura maximă admisă este de 60°C. Dacă temperatura unei zone a depășit această valoare, stiva respectivă se trece la consum.

Alte indicii ale autoaprinderii sînt vaporii de culoare albă, care se degajează în unele locuri ale stivei, mirosul specific, petele de cenușă, topirea zăpezii numai în unele părți ale stivei. Dacă se constată existența unui cuib de foc, cărbunii din locul respectiv se scot cu grijă, cu ajutorul graiferului, se depozitează pe o platformă de rezervă în straturi cu înălțime de cel mult 0,5 m și se lasă să se răcească. După răcire nu se mai permite reașezarea lor în stivă.

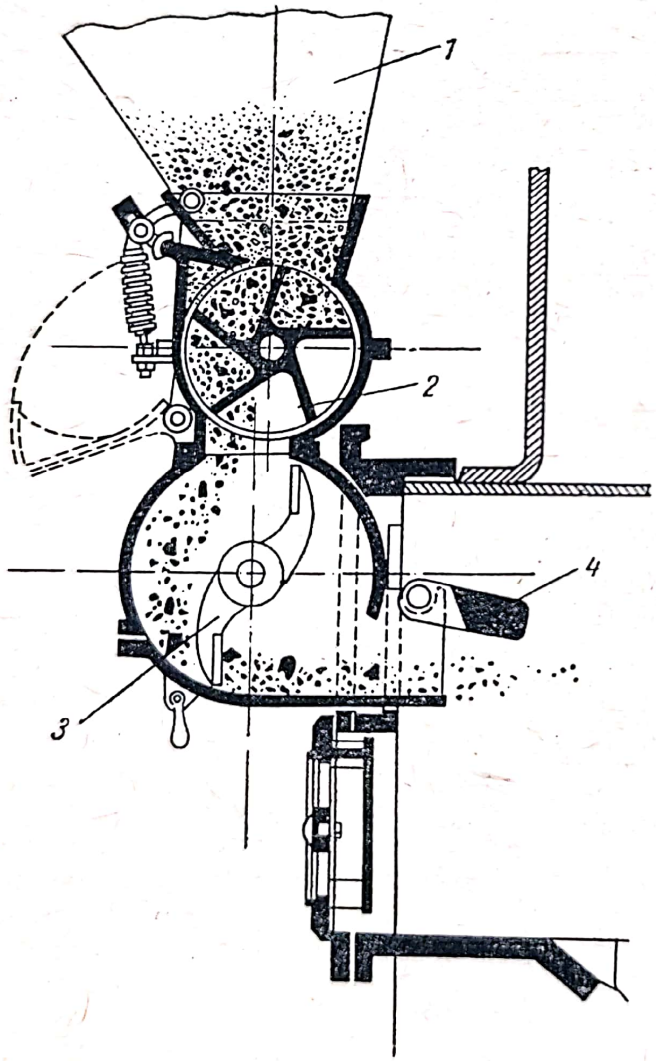


Fig. 4.3. Încărcător mecanic:
1 — buncăr de alimentare; *2* — roată cu spițe; *3* — distribuitor rotativ; *4* — clapă pentru reglarea uniformă a stratului de cărbune pe grătar.

Depozitele de cărbuni trebuie înzestrate cu materialele și utilajele de pază împotriva incendiilor, prevăzute de dispozițiile legale în vigoare (lopeți, găleți, lăzi cu nisip, stingătoare de mînă, pompe de incendiu etc.); de asemenea trebuie afișate vizibil restricțiile și avertizările în legătură cu prevenirea incendiilor.

Instalațiile de transport din depozite la locul de consum diferă după direcția de deplasare (orizontală sau verticală) și după felul alimentării (continuă sau intermitentă). La transportul pe orizontală sau cu pantă mică, în cazul alimentării continue se folosesc frecvent benzile transportoare, iar în cazul transporturilor intermitente, buldozerele și screperele. La transportul pe verticală se folosesc elevatoarele cu cupe, respectiv skipurile.

Prepararea cărbunilor la dimensiunile de ardere (50—80 mm pentru focare cu grătar, maximum 20 mm pentru cele cu mori) se realizează în in-

stalaţiile de sfărîmare, cu una sau două trepte, cuprinzînd ca elemente principale separatoare magnetice, site şi concasoare.

La instalaţiile mici cărbunele bulgăre este aruncat pe grătar manual cu lopeţile. La instalaţiile mai mari, cărbunele este înmagazinat în buncăre, de unde prin intermediul încărcătoarelor mecanice de diferite tipuri (fig. 4.3) este împins pe grătar.

În cazul arderii cărbunelui praf, instalaţia constă din: buncăr de cărbune brut, cîntar automat, alimentator de cărbune bulgăr, moară (cu ciocane, cu bile, cu puţ etc.) separator, ciclon, ventilator de aer, buncăr de cărbune praf, alimentator de cărbune praf, arzătoare, conducte de aer, conducte de cărbune praf, clape de siguranţă, registre etc.

4.1.2. Instalaţii pentru alimentarea cu combustibili lichizi

Combustibilul lichid cel mai întrebuinţat pentru încălzirea cuptoarelor şi a cazanelor de abur este păcura. Motorina se întrebuinţează rar, în cazul cuptoarelor mici, (instalaţii simple fără preîncălzire pentru fluidizare) şi uneori pentru aprinderea focului în instalaţiile de cazane care ard cărbune pulverizat.

Păcura sosită în vagoane cisterne este descărcată şi înmagazinată în rezervoarele staţiei de descărcare de unde este trimisă în circuitul de păcură al cuptoarelor sau cazanelor de abur.

Din circuitul de păcură fac parte următoarele elemente (fig. 4.4): rezervorul de zi, filtrele, pompele, preîncălzitoarele, contoarele, conductele de păcură,

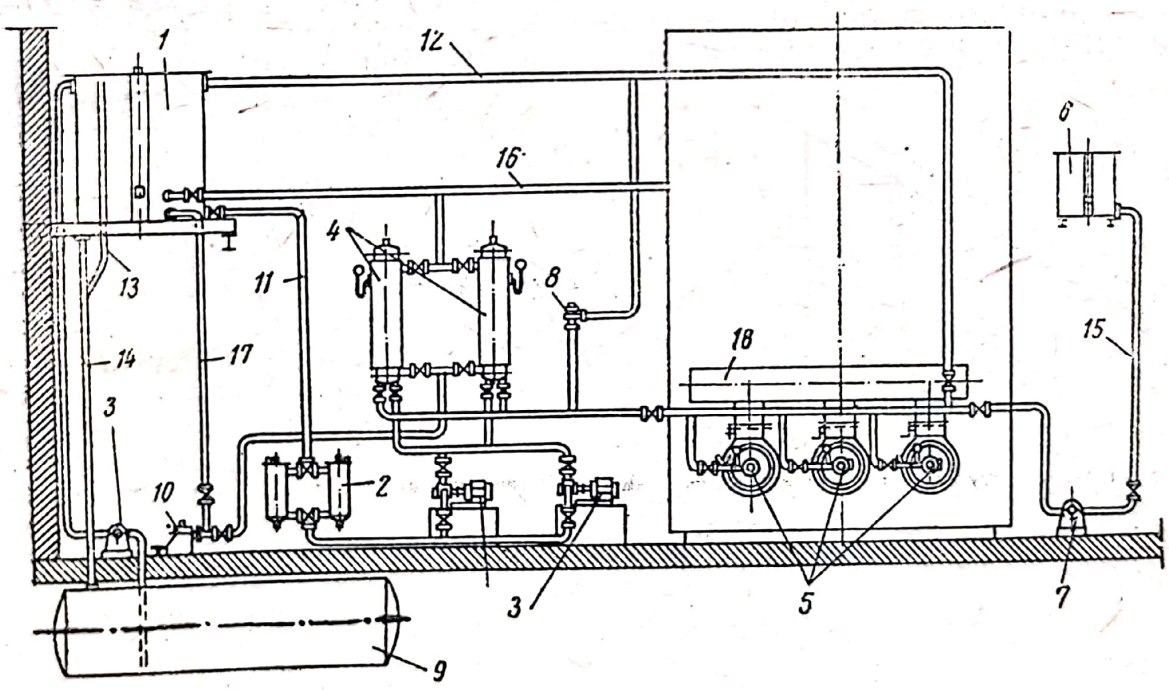


Fig. 4.4 Instalaţie pentru alimentarea cu păcură:

1 — rezervor de zi; *2* — filtre; *3* — pompe de păcură; *4* — preîncălzitoare; *5* — injectoare; *6* — rezervor de motorină pentru pornire; *7* — pompă de motorină; *8* — ventil de întoarcere; *9* — rezervor de înmagazinare; *10* — oală de condensat; *11* — conducte de păcură de ducere; *12* — conductă de păcură de întoarcere; *13* — conductă preaplin; *14* — conductă de golire; *15* — conductă de motorină; *16* — conductă de abur; *17* — conductă de condensat; *18* — canal de aer.

conductele de abur necesar încălzirii păcurii, conductele de condensat și armăturile respective.

În rezervorul de zi *1* păcura este preîncălzită cu abur în vederea fluidificării pînă la temperatura de 50—60°C printr-o serpentină metalică. Rezervorul este prevăzut cu o conductă de alimentare a pompelor *11*. Filtrele *2* opresc impuritățile din păcură evitînd înfundarea conductelor, pompelor și arzătoarelor. Ele trebuie controlate și curățate periodic de către personalul de exploatare pentru a se evita și ruperea sitelor. Curățarea filtrelor constă în demontarea sitelor, spălarea lor cu petrol și suflarea lor cu abur.

Preîncălzitoarele *4* servesc pentru preîncălzirea păcurii la temperatura de 100—105°C în vederea asigurării bunei pulverizări.

Preîncălzitoarele se montează după pompe, pentru a se evita spumarea păcurii și dezamorsarea pompelor în cazul cînd temperatura păcurii ar depăși 65—70°C.

Funcționarea continuă a instalației este asigurată de cel puțin două pompe *3*, de obicei una cu abur cu acțiune directă, duplex, (sau centrifugă acționată de o turbină cu abur) și una acționată de un motor electric. Se mai folosesc uneori și pompe cu roți dințate.

4.1.3. Instalații pentru alimentarea cu gaze

Producția și transportul gazelor naturale în R.P.R. se face de către întreprinderi din cadrul Ministerului Industriei Petrolului și Chimiei.

Stațiile de alimentare cu gaze se proiectează, se construiesc și se montează în conformitate cu prevederile STAS 4378-57.

În fig. 4.5 este reprezentată o stație pentru alimentarea cu gaze naturale a unui consumator important (centrală termoelectrică, centrală termică, industrie metalurgică etc.).

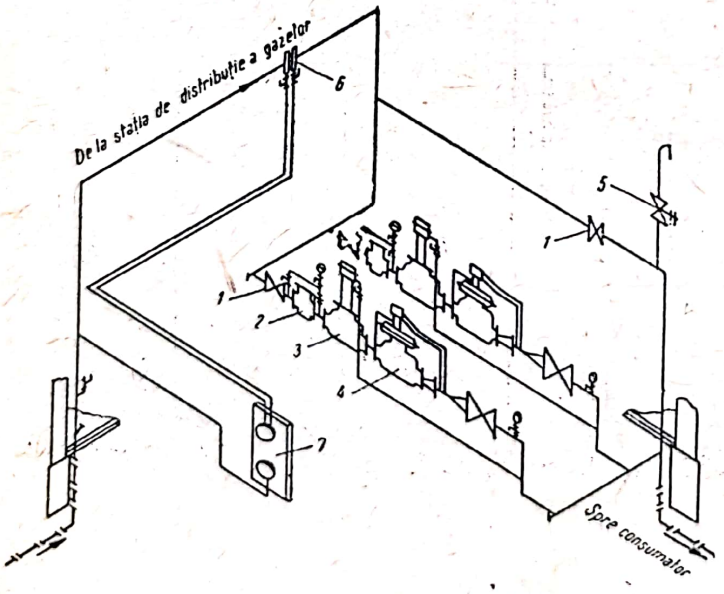


Fig. 4.5. Stația de alimentare cu gaze:

1 — robinete de închidere; *2* — filtre; *3* — ventile automate de închidere; *4* — reductoare de presiune; *5* — supape de siguranță; *6* — flanșe de măsură; *7* — tablou cu aparate de măsurat.

În această stație se găsesc două unități identice, pentru a se asigura continuitatea alimentării. Una dintre ele este în funcțiune iar cealaltă în rezervă. Stația cuprinde aparate pentru reducerea presiunii, aparate pentru măsurarea cantităților de gaze și aparate de siguranță împotriva creșterii periculoase a presiunii.

Pentru a fi ușor sesizate, gazelor li se injectează o substanță mirositoare foarte volatilă (mercaptan).

După mărime și importanță, stațiile sînt prevăzute cu aparate înregis-

tratoare sau indicatoare (care să măsoare presiunea gazelor la intrare și la ieșire și debitul) și cu aparate de comandă locală sau de la distanță.

În cazul consumatorilor mici de gaze (consum instalat sub 400 Nm^3/h în orașele mari, și 250 Nm^3/h în orașele mici sau localitățile rurale) branșamentul cuprinde unul sau mai multe regulatoare pentru reducerea presiunii, montate într-o firidă sau cabină atașată clădirii (fig. 4.6).

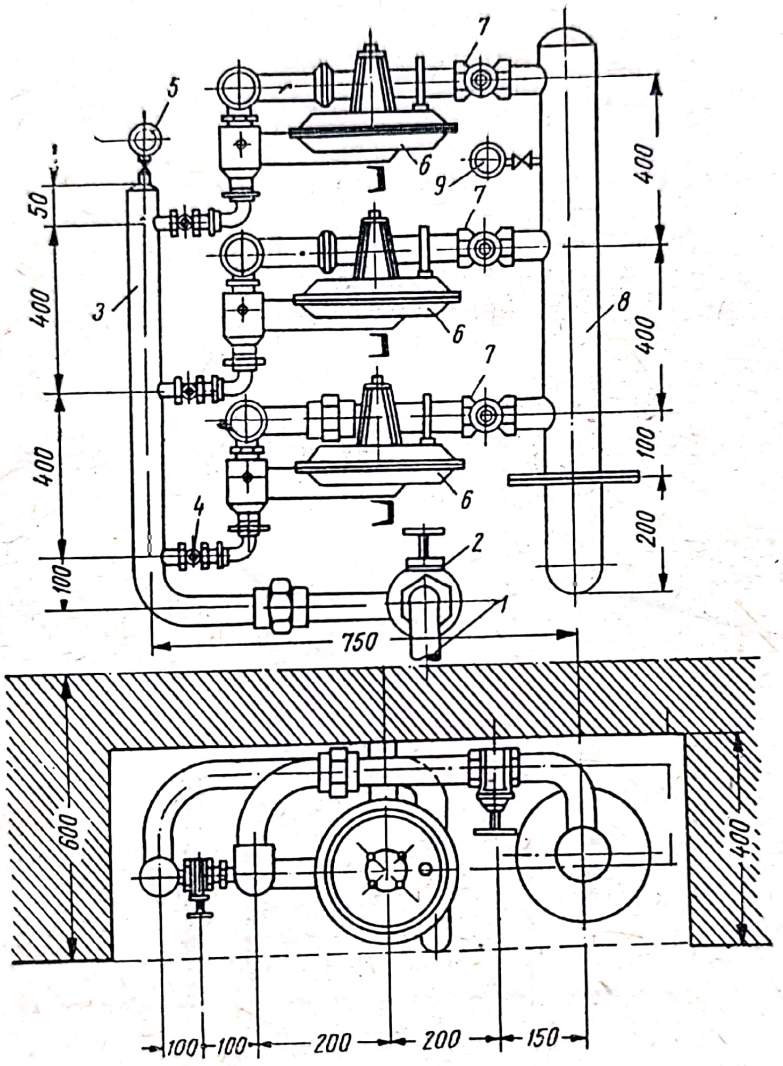


Fig. 4.6. Branșament cu regulatoare pentru uz casnic.

1 — conducta branșamentului; *2* — robinet general de întoarcere; *3* — distribuitor de intrare; *4* — robinet de la intrarea în regulator; *5* — manometru pentru presiunea de intrare; *6* — regulator de presiune; *7* — robinet la ieșirea din regulator; *8* — colector de ieșire; *9* — manometru pentru presiunea de ieșire.

Stațiile de reglare și branșamentele sînt în folosința exclusivă a întreprinderilor distribuitoare de gaze și ele trebuie să fie în întregime și permanent accesibile personalului acestei întreprinderi.

Pentru reducerea presiunii, de la presiunea rețelei la presiunea de utilizare, se folosesc regulatoare de presiune. Acestea acționează prin micșorarea și mărirea

secțiunii de trecere a gazelor și mențin aceeași presiune la ieșire sau într-un anumit punct al instalației.

Regulatoarele de presiune pot fi de tip industrial (STAS 1057-61) sau pentru uz casnic (STAS 996-61).

După mărimea instalațiilor, regulatoarele de uz casnic se pot instala cîte unul sau în grup de două-patru în paralel, astfel încît totalul debitelor nominale ale grupului să fie egal cu capacitatea orară de consum a instalației.

4.2. INSTALAȚII PENTRU ARDEREA COMBUSTIBILILOR

4.2.1. Instalații pentru arderea combustibililor solizi (grătare)

Combustibilii solizi sînt arși în strat pe grătare. Acestea sînt formate dintr-un ansamblu de bare sau de plăci și bare, rigide sau articulate, constituind un suport plan (orizontal sau înclinat) în trepte sau în formă de albie. Prin

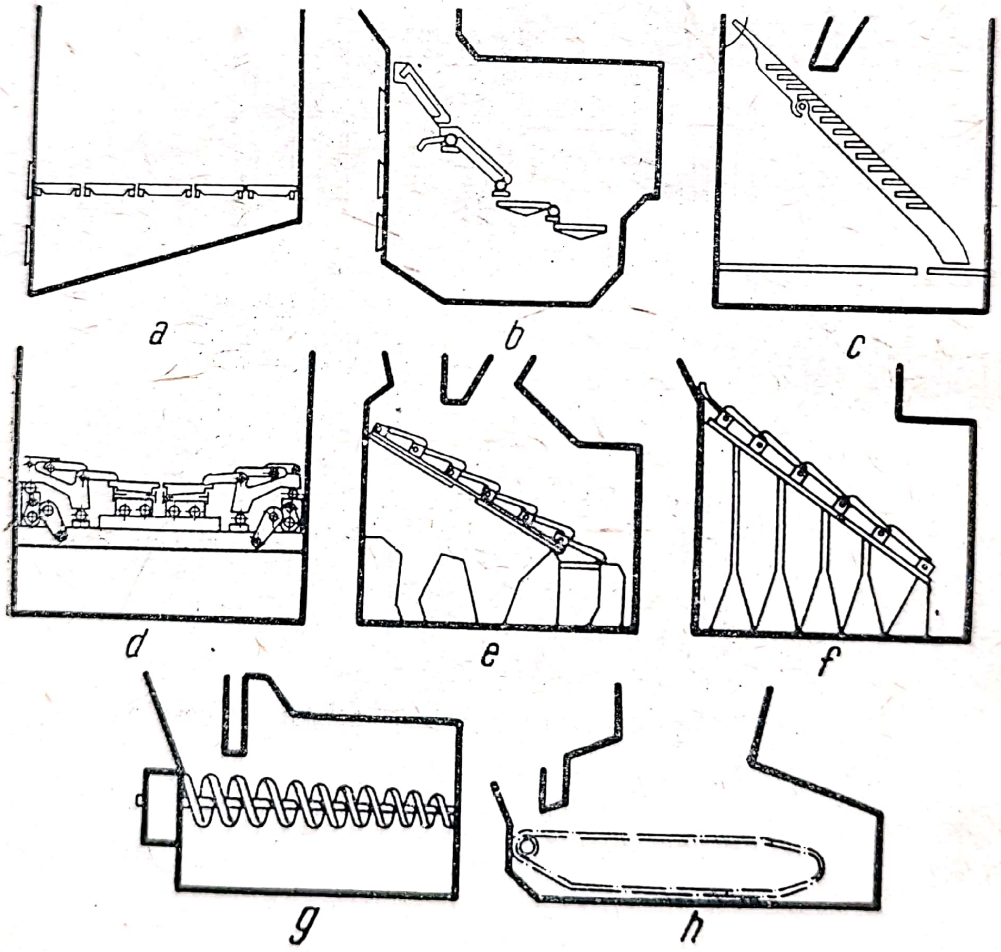


Fig. 4.7. Tipuri de grătare pentru arderea cărbunelui în strat:
a — grătar plan orizontal; *b* — grătar plan înclinat; *c* — grătar scară; *d* — grătar albie; *e* — grătar cu împingere superioară; *f* — grătar cu împingere răsturnată; *g* — grătar cu împingere inferioară cu melc; *h* — grătar rulant.

Scanned with OKEN Scanner

interstițiile dintre barele grătarului sau prin ajutajele din plăcile grătarului, se distribuie în stratul de combustibil aerul de ardere primar.

Forma și dimensiunile grătarului depind de natura și de caracteristicile combustibilului cum și de tipul instalației de ardere.

Din punctul de vedere al modului de alimentare cu combustibil și al evacuării zgurii, grătarele se clasifică astfel: grătare cu încărcare manuală, la care alimentarea cu combustibil, întreținerea focului și curățirea zgurei se efectuează manual: grătare semimecanizate, la care alimentarea cu combustibil este mecanizată, iar întreținerea focului și evacuarea zgurei se efectuează manual; grătare mecanizate, la care toate operațiile sînt mecanizate.

Din punct de vedere constructiv, se deosebesc: grătare cu bare fixe (grătarele cu încărcare manuală și cele semimecanizate) și grătare cu bare mobile (grătarele mecanizate).

Grătarele cu bare fixe pot fi: plane, înclinate, în trepte (în scară) și albie.

Grătarele cu bare mobile pot fi: cu împingere (superioară, inferioară, în cascadă, răsturnată) rulante, inelare.

În fig. 4.7 sînt reprezentate schematic diferite tipuri de grătare pentru arderea combustibililor în strat.

4.2.2. Instalații pentru arderea combustibililor lichizi (injectoare)

În vederea arderii combustibilii lichizi trebuie pulverizați în picături foarte fine pentru a se vaporiza ușor și a se amesteca cu aerul necesar arderii.

Dispozitivele care pulverizează combustibilii lichizi, la intrarea în focar, se numesc injectoare. Acestea pot funcționa cu aer comprimat, cu abur sau pe cale mecanică, prin presiunea combustibilului lichid.

Pulverizarea cu aer comprimat este utilizată foarte puțin și de obicei la instalațiile cu un consum mic de păcură. În fig. 4.8, *a* este reprezentat un injector cu pulverizare prin aer comprimat.

În cazul pulverizării prin abur, se folosește chiar aburul luat din cazan. Utilizarea aburului ca fluid auxiliar pentru pulverizarea combustibililor lichizi prezintă anumite avantaje. Aburul se reglează ușor și nu este necesară încă o instalație auxiliară complicată. Ca dezavantaje, aburul folosit răcește flacăra, mărește volumul gazelor de ardere, ridică punctul de rouă și flacăra capătă un caracter oxidant mai pronunțat.

Cantitatea de abur necesară pentru pulverizarea unui kilogram de păcură depinde de parametrii aburului (presiune și temperatură) de calitatea păcurii și de sistemul injectorului și variază între 0,3 și 0,8 kgf abur/kgf combustibil. În cazul unei exploatări neraționale, consumul de abur crește pînă la 1—1,5 kgf/kgf.

Presiunile utilizate la pulverizare sînt: pentru abur între 2 și 10 kgf/cm², iar pentru păcură 0,2—1,5 kgf/cm².

După construcție injectoarele pot fi: cu orificiu dreptunghiular, cu tuburi concentrice, cu ajutaje. În fig. 4.8, *b* este reprezentat un injector cu ajutaj tip Tehnometal.

La sistemul de pulverizare mecanică (prin presiune), păcura este comprimată cu ajutorul unei pompe, la presiunea de 10—25 kgf/cm², după tipul de injector și debitul de păcură care trebuie asigurat.

Pulverizarea prin presiune este cea mai bună, permițînd o adaptare perfectă a cantității de combustibil la sarcina focarului și asigurînd o ardere perfectă cu randament ridicat. Instalația este însă complicată necesitînd pompe, filtre și preîncălzitoare (v. fig. 4.4).

Scanned with OKEN Scanner

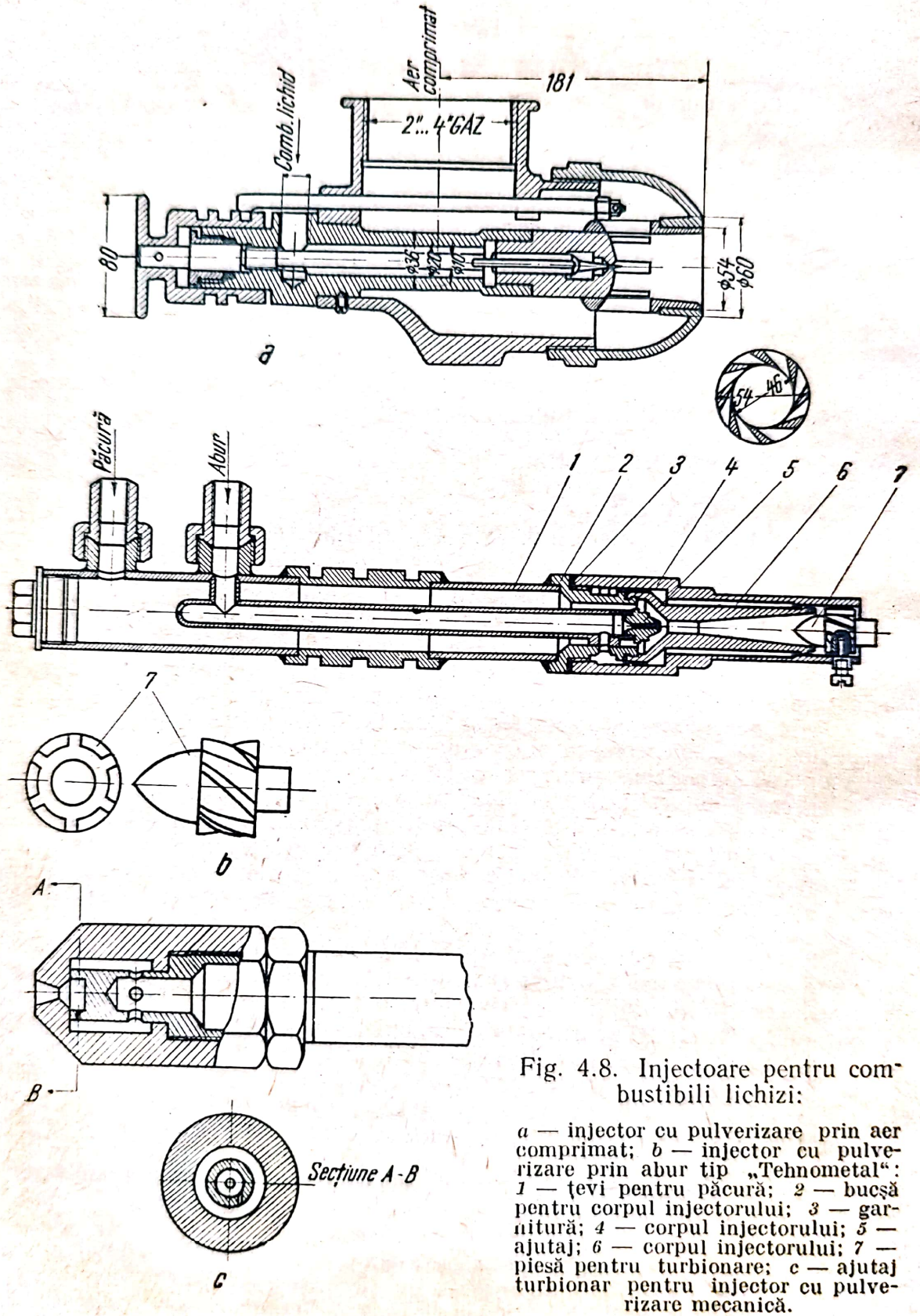


Fig. 4.8. Injectoare pentru combustibili lichizi:

a — injector cu pulverizare prin aer comprimat; *b* — injector cu pulverizare prin abur tip „Tehnometal": *1* — țevi pentru păcură; *2* — bucșă pentru corpul injectorului; *3* — garnitură; *4* — corpul injectorului; *5* — ajutaj; *6* — corpul injectorului; *7* — piesă pentru turbionare; *c* — ajutaj turbionar pentru injector cu pulverizare mecanică.

Scanned with OKEN Scanner

La ieşirea din injector vîna de păcură are pe lîngă o mişcare axială şi o mişcare de rotaţie (răsucire) obţinută prin intermediul unor piese speciale. Forţa centrifugă învinge coeziunea lichidului şi vîna se împrăştie în picături fine. O parte din păcura încălzită la 95—105°C se vaporizează din cauza scăderii bruşte a presiunii, care la ieşirea din injector se reduce la presiunea atmosferică.

În fig. 4.8, *c* este reprezentat un ajutaj turbionar, pentru injector cu pulverizare mecanică. La ieşirea din ajutaj, vîna de păcură, din cauza existenţei aburului şi a mişcării de rotaţie pe care a obţinut-o în ajutaj, se împrăştie sub forma unui con, în picături foarte fine. În modul acesta toată cantitatea de păcură vine în contact cu aburul necesar arderii perfecte.

4.2.3. Instalaţii pentru arderea combustibililor gazoşi (arzătoare)

Construcţia arzătoarelor de gaze diferă foarte mult, ele putînd fi clasificate după diferite criterii.

Din punctul de vedere al comportării la ardere, arzătoarele de gaze se împart în două grupe mari:

— arzătoare cu flacără;

— arzătoare fără flacără.

Din grupa întîia fac parte arzătoarele de gaze la care procesul de ardere are loc în afara arzătorului, într-un focar construit în acest scop, sau în mediul ambiant, şi arzătoare din care iese amestecul aer-combustibil omogenizat.

Din grupa a doua fac parte arzătoarele la care procesul de ardere are loc în interiorul arzătorului. Din arzător ies în general gaze de ardere. Arzătoarele tunel şi în general arzătoarele numite cu ardere intensificată sînt cuprinse în această categorie.

După modul de alimentare cu aerul necesar arderii arzătoarele de gaze se împart în: arzătoare cu aer insuflat (de la instalaţia de insuflare a aerului) şi arzătoare cu aer aspirat (în general prin ejecţie).

Din punctul de vedere al sistemului de omogenizare a amestecului aer-combustibil, arzătoarele de gaze se împart în următoarele categorii:

Tabela 4.4. **Arzătoare pentru uz casnic** — STAS 995-56. **Dimensiuni, în mm**

Tipul şi mărimea	Injector			Tub difuzor				Cap arzător			Piesă refractară	
	d_1	l_1	Filet ţoli	d_2	d_2'	l_2	d_3	d_4	h_1	Suprafaţa de ardere mm²	d_5	h_2
A-400	1,5	34	G14	14	19	—[1]	40	65	48	—[1]	—	—
A-600	1,8	38	G38	20	27	—[1]	50	88	62	—[1]	—	—
B-600	1,8	28	G14	20	27	160	50	100	60	850[1]	120	75
B-1000	2,3	30	G38	25	36	170	60	170	88	1400[1]	190	100
B-2000	3,3	34	G12	30	41	200	70	200	90	2300[1]	220	125

[1] Dimensiuni cuprinse în STAS 995-50 şi nemenţionate în STAS 995-56, care dă dimensiunea lamelelor de la capul arzătorului.

Tabela 4.5. **Arzătoare pentru uz casnic — STAS 995-56. Diametrul orificiului (duzei) în mm, pentru diferite presiuni de alimentare**

Debitul nominal l/h	Suprapresiunea de alimentare mm H_2O				
	100	200	300	400	500
400	1,9	1,5	1,4	1,3	1,2
600	2,2	1,8	1,7	1,5	1,4
1000	2,8	2,3	2,2	2	1,8
2000	4	3,3	3	2,8	2,6

— arzătoare fără amestec între aer și gaze (cu introducerea separată a aerului și gazelor în focar);

— arzătoare cu amestec între gaze și aer.

În fig. 4.9 sînt reprezentate schematic tipuri de arzătoare pentru combustibili gazoși.

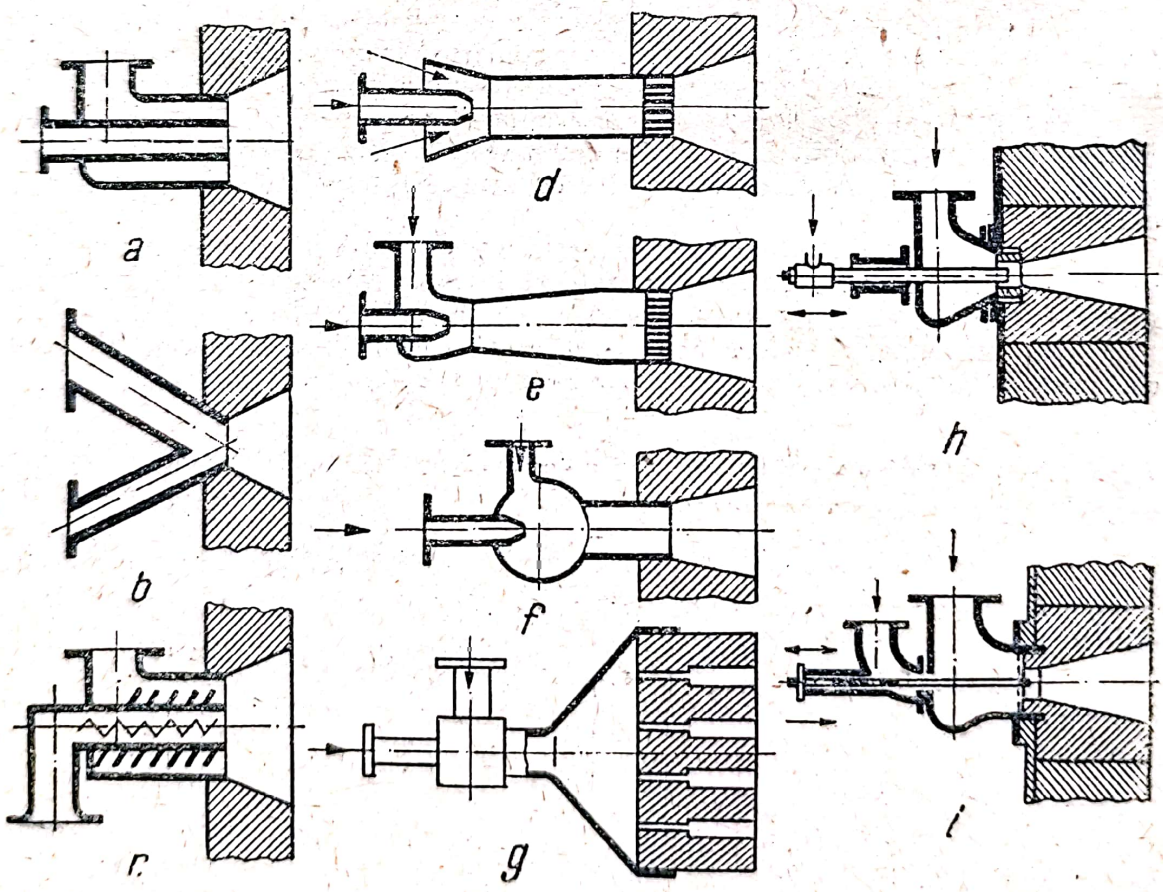


Fig. 4.9. Tipuri de arzătoare pentru combustibili gazoși:

a, *b*, *c* — arzătoare fără amestec între aer și gaze, (*a* — în curent paralel; *b* — în curent încrucișat; *c* — arzător turbionar); *d*, *e*, *f* — arzătoare cu amestec între gaze și aer, (*d* — gazul cu presiune; *e* — aerul cu presiune; *f* — arzător cu amestec în cameră sferică); *g* — arzător multicelular; *h*, *i* — arzătoare pentru două gaze.

Tabela 4.6. **Arzătoare de uz casnic — STAS 995-56. Variația debitelor arzătoarelor în funcție de suprapresiunea de alimentare**

Tipul arzătorului	Debitul în l/h, pentru suprapresiunea de alimentare (mm H_2O) de:				
	100	200	300	400	500
A-400	275	400	500	580	680
A-600 sau B-600	415	600	720	840	980
B-1000	700	1000	1200	1400	1650
B-2000	1400	2000	2400	2800	3300

Arzătoarele STAS 995-56 (fig. 4.10) sînt destinate folosirii gazului metan în scopuri casnice (sobe, mașini de gătit, calorifere, cazane de baie, cazane de fiert hrană sau rufe etc.) și se construiesc în două tipuri: tip A (fără adaos de șamotă), în mărimi de 400 și 600 l/h și tipul B (cu adaos de șamot) în mărimi de 600, 1 000 și 2 000 l/h, ambele tipuri pentru alimentarea cu presiune joasă a 200 mm H_2O. Caracteristicile lor sînt cuprinse în tabelele 4.4; 4.5 și 4.6.

Arzătoarele industriale care se fabrică curent în R.P.R. sînt următoarele:

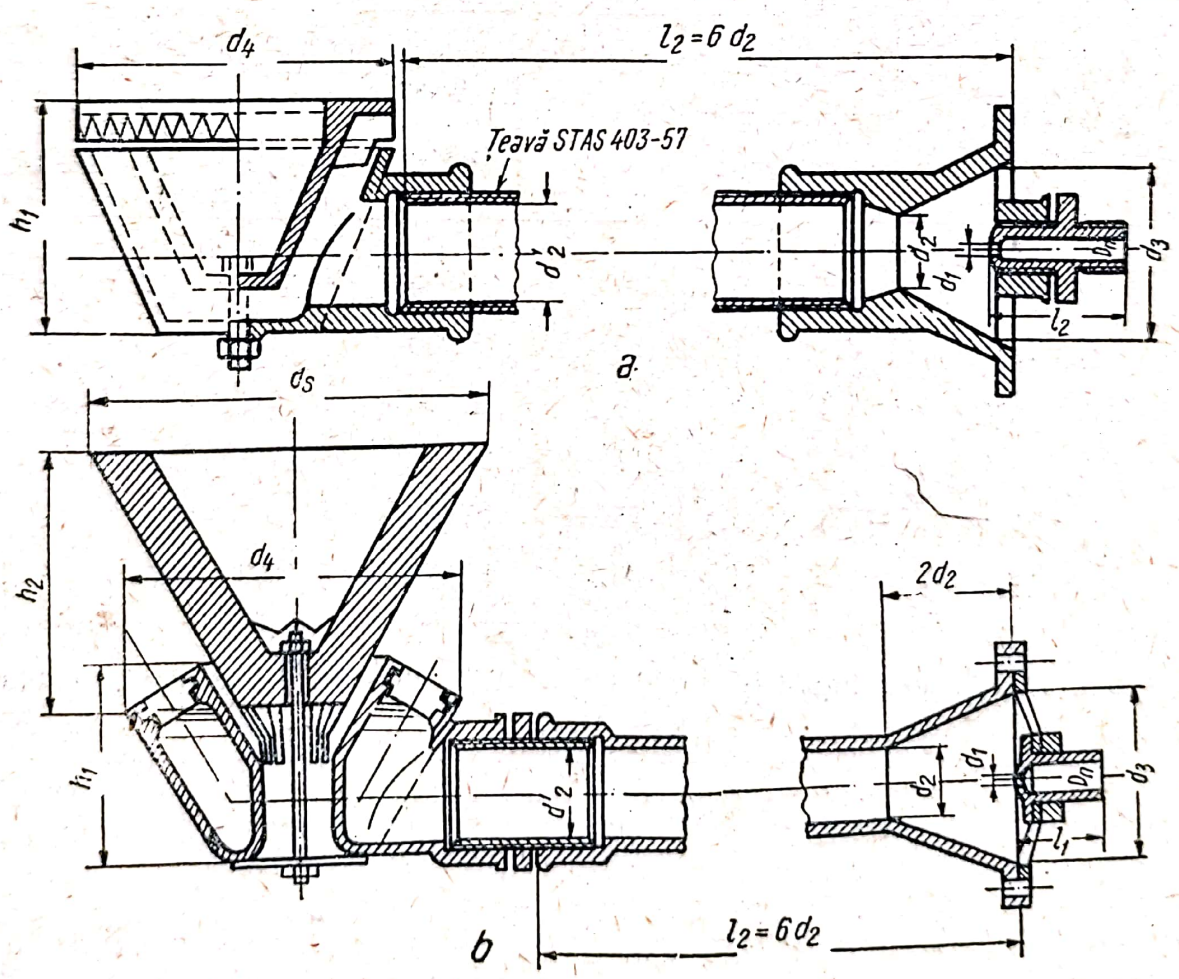


Fig. 4.10. Arzătoare de gaze pentru uz casnic (STAS 995-61):
a — tip A; *b* — tip B.

Tabela 4.7. **Dimensiunile arzătoarelor T.D. — STAS 4394-54 (fig. 4.11 *a*)**

Mărimea arzătorului	Injectorul			Tubul difuzor				Corpul arzătorului			Piesa refractară				
	d_1	l_1	Filet 1	l_2	d_2	d_3	l_3	Filet 2	d_4	Nr. de orificii	d_5	d_6	d_7	l_4	l_5
3	4,0	63	G 1/2''	40	30	68	265	G 1½''	25	8	70	42	96	80	145
4	4,5	63	G 1/2''	60	36	70	375	G 2''	32	12	85	52	105	100	150
10	7,5	110	G 1''	70	52	125	550	G 4''	62	12	170	108	210	200	300

Tabela 4.8. **Debitele arzătoarelor T.D. — STAS 4394-54, mărimile 3, 4, 10 pentru gaz metan la diferite presiuni de alimentare**

Presiunea de alimentare, mm H_2O	Debitul, Nm^3/h			Presiunea de alimentare mm H_2O	Debitul, Nm^3/h		
	TD3	TD4	TD10		TD3	TD4	TD10
200	2,7	3,8	9	3 000	10,5	13,7	44
250	3	4	10	5 000	14,5	18,5	—
500	4,5	6	15	7 000	15,8	20	—
600	4,7	6,6	17	10 000	17,5	22,5	—
1000	6,4	8,4	25	12 000	19	24	—
2000	9,5	11,5	36	15 000	20,5	25,5	—

Tabela 4.9. **Arzător industrial tip GAR — STAS 4395-54. Dimensiuni, în mm (fig. 4.11, *b*)**

Mărimea	A	A_1	L_1	L_2	D	D_1	H	H_1	Filet	D_1	d_2	Şuruburi buc.
25	200	270	260	200	52	110	127	95	G 1''	16	18	4
100	240	310	335	200	104	170	147	110	G 2''	18	18	4
200	300	380	472	270	175	355	225	163	G 3''	18	18	—

Scanned with OKEN Scanner

— arzătoarele cu aer primar aspirat (amestec prealabil) tip TD (cu tub difuzor) STAS 4394-54 (fig. 4.11, *a* și tabelele 4.7 și 4.8);

— arzătoarele cu aer și gaz insuflat tip GAR (gaz-aer, cu orificiul de ieșire circular, STAS 4395-54 (fig. 4.11, *b* și tabela 4.9);

— arzătoarele cu aer ventilat tip GAP STAS 4396-54 (fig. 4.11, *c*).

La acest arzător realizarea amestecului gaz-aer se bazează pe dirijarea vînei de gaz între mai multe lamele.

Aceste arzătoare se folosesc pentru încălzirea cuptoarelor industriale, care necesită temperaturi de peste 900°C și cu atmosferă oxidantă sau reductoare.

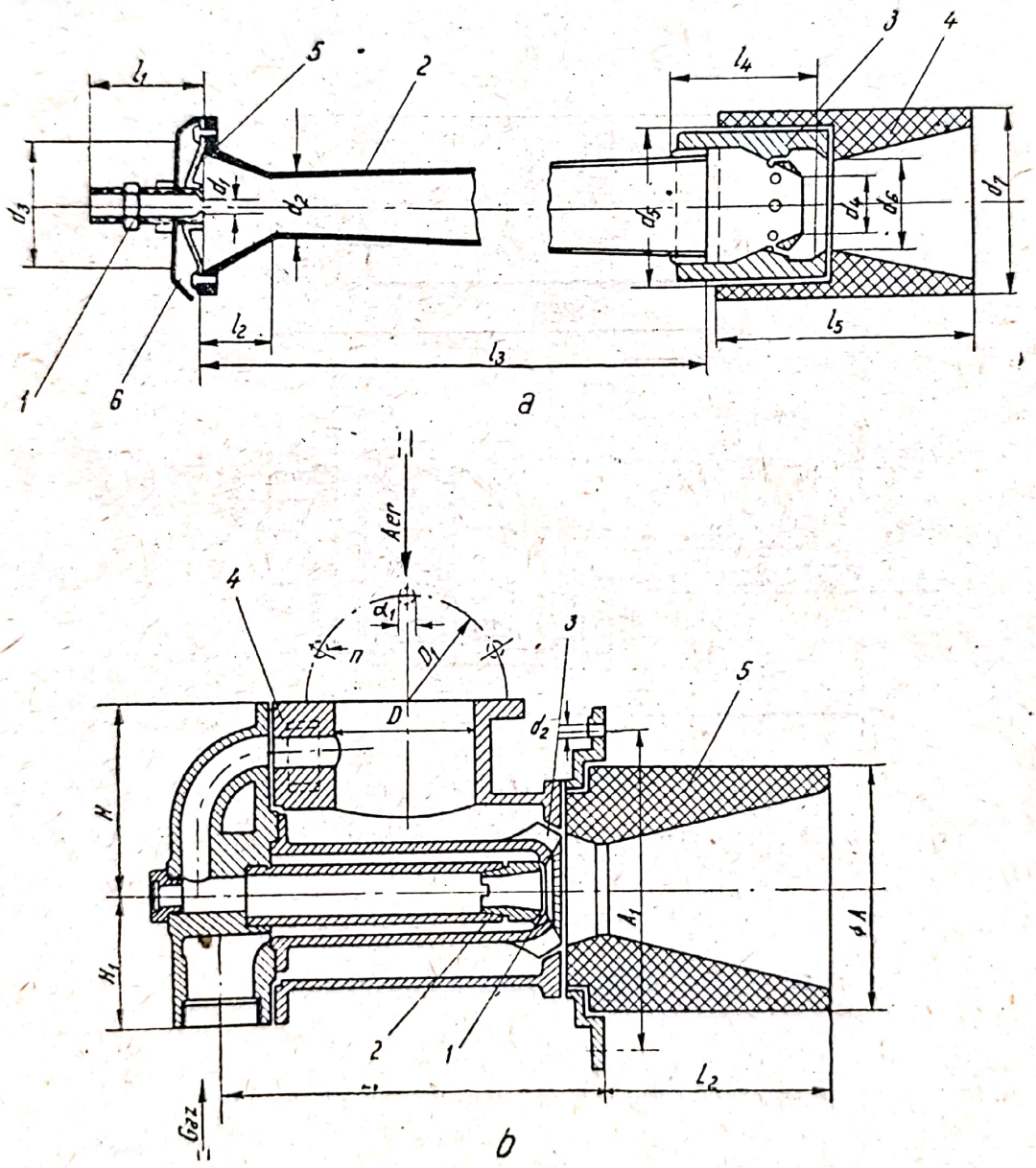


Fig. 4.11. Arzătoare industriale de gaze:

a — arzător cu flacără neluminoasă, cu aer primar aspirat, tip TD (STAS 4394-54); *b* — arzător cu flacără neluminoasă, cu aer și cu gaz insuflat, tip GAR (STAS 4395-54);

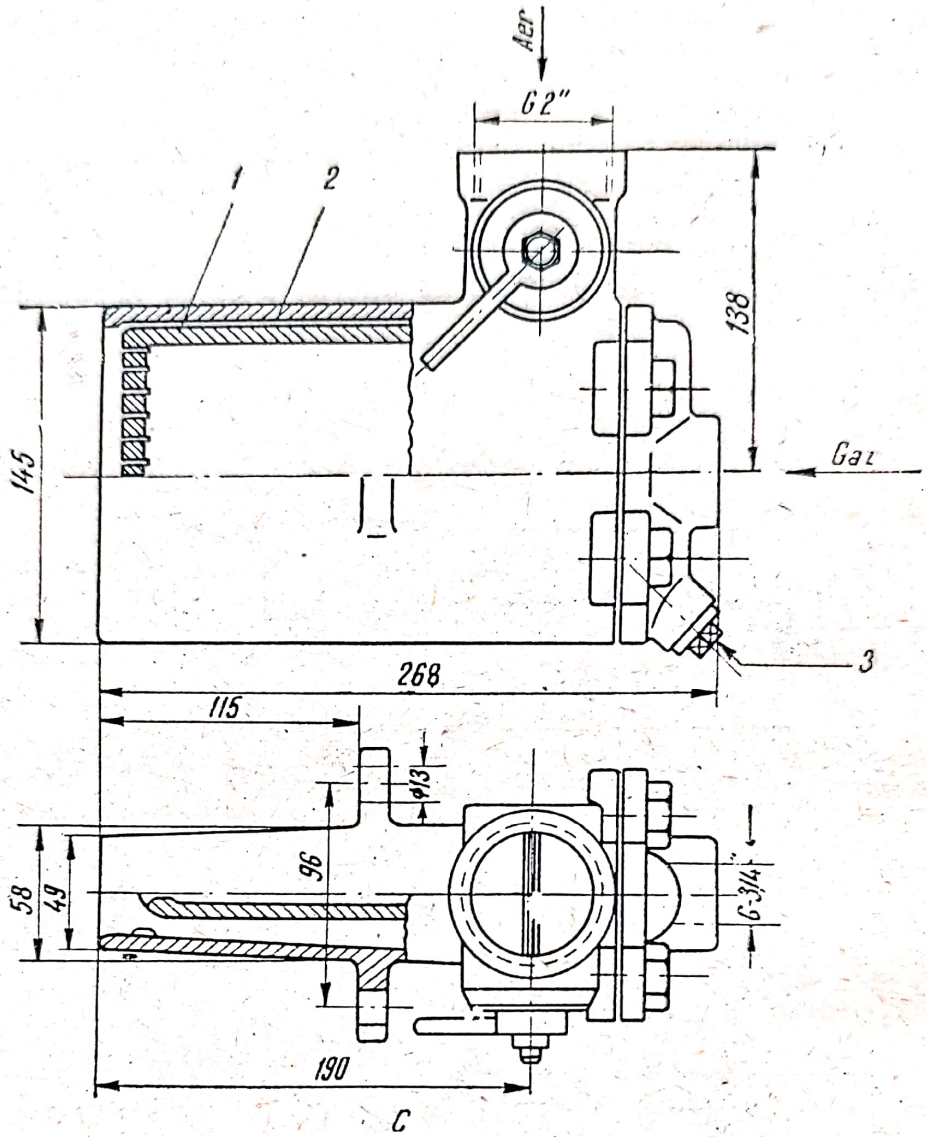


Fig. 4.11. Arzătoare industriale de gaze:

c — arzător cu flacără neluminoasă, cu aer ventilat, tip GAP (STAS 4396-54).

4.2.4. Instalații pentru arderea prafului de cărbune

Arzătoarele pentru praf de cărbune sînt circulare și cu fante; ele mai pot fi împărțite în fixe și mobile.

În fig. 4.12, *a* este reprezentat un arzător circular tip ORGRES.

Împrăștierea prafului de cărbune se realizează cu ajutorul unui con de împrăștiere, montat în gura țevii.

Pentru asigurarea unei bune împrăștieri a amestecului de aer și praf de cărbune unghiul de deschidere a conului de împrăștiere este de 120° pentru antracit, de 90° pentru cărbuni grași și de 60° pentru cărbunii cu flacără.

Scanned with OKEN Scanner

Arzătorul cu fantă reprezentat în fig. 4.12, *b* este folosit la focarele cu îndepărtarea zgurii în stare lichidă. Arzătoarele se plasează în focar frontal, încrucișat sau pe colț.

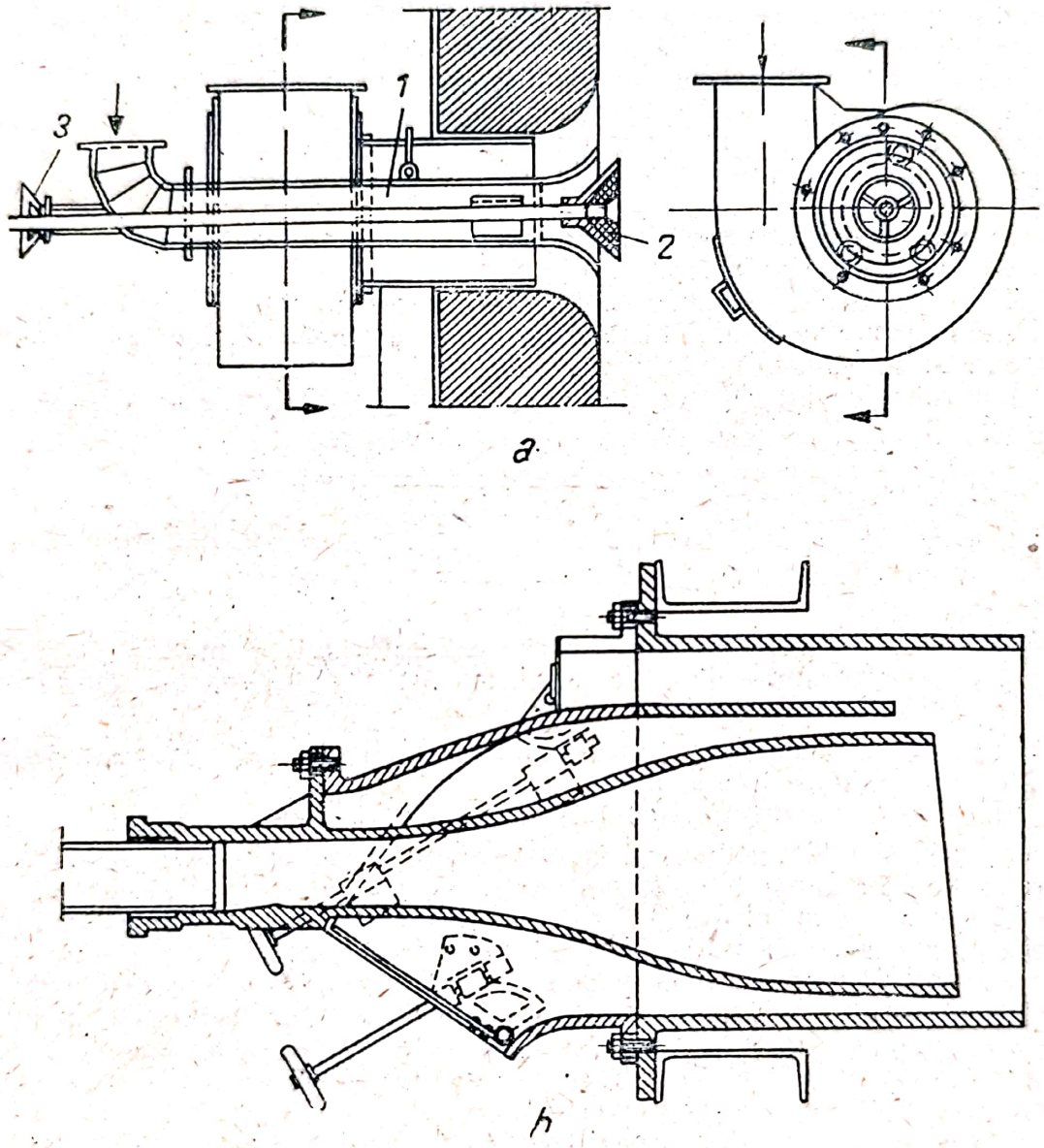


Fig. 4.12. Arzătoare pentru cărbune pulverizat:

a — arzător circular tip ORGRES; *1* — conductă; *2* — con de împrăștiere; *3* — roată de mînă; *b* — arzător cu fante tip LOPULCO.

Uneori este necesar ca la o instalație să se poată arde, în bune condiții, mai multe feluri de combustibili. În acest caz se construiesc arzătoare combinate pentru două sau chiar trei feluri de combustibili.

4.3. INSTALAȚII DE TIRAJ

Instalația de insuflare și de tiraj servește pentru introducerea în focarul cazanului a aerului necesar arderii, pentru deplasarea gazelor de ardere în canalele de gaze și pentru evacuarea acestora în atmosferă.

Tirajul poate fi natural sau artificial (forțat).

Tirajul natural, folosit în instalațiile mici, este realizat cu ajutorul coșului, care produce deplasarea gazelor de ardere, datorită diferenței de greutate dintre coloana de gaze din interiorul coșului și o coloană egală de aer atmosferic, care intră în focar.

Coșurile se construiesc din zidărie de cărămidă, din tablă de oțel sau din piese de beton prefabricate.

Tirajul artificial se realizează de obicei cu ventilatoare de aer, care aspiră aerul și-l refulează în focarul instalației, sau cu exhaustoare, care aspiră gazele de ardere și le refulează în atmosferă.

Puterile absorbite de ventilator și exhaustor din rețea se determină cu relațiile:

$$P_v = \frac{Q_v H_v}{3\,670\,\eta_v \eta_m} \text{ [kW]}; \tag{4.1}$$

$$P_{ex} = \frac{Q_{ex} H_{ex}}{3\,670\,\eta_{ex} \eta_m} \text{ [kW]}, \tag{4.2}$$

în care Q este debitul ventilatorului sau exhaustorului, în m^3/h;

H — presiunea de calcul totală a ventilatorului sau a exhaustorului, în mm H_2O;

$\eta_v; \eta_{ex}$ — randamentul ventilatorului respectiv al exhaustorului, la presiunea totală, în %.

η_m — randamentul motorului electric de acționare, în %.

Debitul Q se determină prin măsurare directă sau se calculează în funcție de consumul de combustibil și de excesul de aer.

Presiunea se calculează ținîndu-se seamă de rezistențele totale ale circuitelor de aer și gaze de ardere.

Randamentul economic al instalațiilor de tiraj nu depinde numai de randamentul agregatului ci în mare măsură și de etanșeitatea instalației deservite.

Aerul fals și scăpările de gaze reprezintă o supraîncărcare inutilă a agregatului (crește Q) și provoacă de obicei modificarea regimului de funcționare a agregatului, cu scăderea randamentului.

Observarea la timp a scăpărilor de gaze și a pătrunderilor de aer fals și înlăturarea lor realizează o economie apreciabilă de energie electrică pentru acționarea ventilatoarelor de aer și a exhaustoarelor.

În acest scop trebuie să se verifice periodic etanșeitatea instalației de tiraj și să se detecteze pătrunderile de aer fals prin analizarea gazelor de ardere.

Tot în scopul micșorării consumului de energie electrică trebuie urmărit să nu crească rezistența canalelor de aer și de fum (deoarece crește și H) prin depuneri de cenușă, zgură sau funingine, prin deteriorarea registrelor de aer și de tiraj, prin modificarea curburilor canalelor, în urma reparațiilor etc.

De asemenea, trebuie să se reducă uzura exhaustoarelor produsă de cenușa zburătoare prin utilizarea justă a separatoarelor și prin folosirea unor materiale corespunzătoare la executarea exhaustoarelor.

Scanned with OKEN Scanner

Reparația la timp și de bună calitate a exhaustoarelor și ventilatoarelor, reviziile preventive, executarea și montarea corectă a paletelor conform profilurilor și unghiurilor de intrare și de ieșire stabilite, reglarea corectă a vitezei aerului și gazelor, respectiv a poziției registrelor în funcție de încărcarea instalației, sînt cîteva din măsurile care conduc la reducerea consumului de energie electrică.

În cap. 11 se dau caracteristicile unor ventilatoare și exhaustoare întrebuințate în R.P.R.

4.4. INSTALAȚII PENTRU EVACUAREA CENUȘII ȘI ZGUREI

În instalațiile mici cenușa și zgura se evacuează manual sau cu ajutorul vagonetilor, depozitîndu-se în locuri speciale.

În instalațiile mari această operație devine foarte dificilă. De obicei, se urmărește în primul rînd, să se reducă cantitatea de zgură care se formează și, în al doilea rînd, să se aplice pentru evacuarea ei metode de mare productivitate.

Factorii mai importanți care favorizează formarea și depunerea zgurei sînt:

— deficiențele constructive ale focarelor, arzătoarelor și suprafețelor de transmitere a căldurii;

— arderea incompletă a combustibilului (aer insuficient, amestec imperfect al combustibilului cu aerul, granulație mare a prafului de cărbune etc.);

— alimentarea neuniformă a arzătoarelor de cărbune pulverizat:

— supraîncărcarea termică a focarului:

— regim incorect de suflare a cenușii și de eliminare a zgurei.

Măsurile care trebuie luate pentru evitarea unor depuneri prea mari de zgură sînt tocmai cele care elimină cauzele menționate.

Zgura poate fi evacuată din focare, în stare solidă (normal hidraulic sau pneumatic) sau în stare lichidă. Alegerea sistemului de evacuare a zgurei depinde de cantitatea și de modul de ardere a combustibilului, de conținutul său de cenușă și de o serie de alți factori locali (cantitatea de apă disponibilă, condiții climatice etc.).

Curățirea gazelor de ardere de cenușa zburătoare se poate obține pe cale uscată, pe cale umedă și pe cale electrică, prima metodă fiind cea mai răspîndită.

Scanned with OKEN Scanner

V

INSTALAȚII PENTRU PRODUCEREA COMBUSTIBILILOR GAZOȘI ARTIFICIALI

Combustibilii gazoși artificiali se obțin în general prin gazificarea combustibililor prin următoarele metode:

— descompunerea combustibililor solizi sau lichizi supuși acțiunii unor temperaturi ridicate la adăpost de aer (pirogenare și cracare);

— gazificarea propriu zisă a combustibililor, în gazogene.

5.1. INSTALAȚII PENTRU PRODUCEREA COMBUSTIBILILOR GAZOȘI DE PIROGENARE

Unii combustibili solizi naturali ca: huila, cărbunele brun, lignitul și lemnul se supun acțiunii căldurii în cuptoare speciale, cu scopul principal de a se obține anumiți combustibili solizi artificiali cum sînt semicocsul, cocsul și mangalul. Cu această ocazie rezultă însă și produse secundare de pirogenare, atît gazoase cît și lichide. Produsele gazoase eliberate de componentele condensabile sau solubile în apă sînt alcătuite în cea mai mare parte din gaze combustibile și se folosesc drept combustibili.

Procesul de pirogenare (distilare uscată) constă în procesul de uscare, de bertinizare (încălzire pînă la 180—350°C), de semicocsificare și de cocsificare (tabela 5.1).

Tabela 5.1. **Procesele de distilare uscată a combustibililor solizi**

Temperatura °C	Lemn	Turbă	Cărbune brun	Huilă
0—250	Uscare	Uscare	Uscare	Uscare
250—480	Carbonizare în cuptoare	Bertinizare (180—350°C)	Bertinizare (180—350°C)	—
480—550	Carbonizare în bocsă	Semicocsificare	Semicocsificare	Semicocsificare
900—1100	—	—	—	Coçsificare și obținerea gazului de iluminat

Compoziția gazelor obținute depinde atît de materia primă prelucrată, cît și de temperatura de pirogenare.

Cocsificarea este procesul de distilare uscată a combustibilului solid, în cuptoare speciale la temperatură de 900—1 100°C.

Materia primă pentru fabricarea cocsului metalurgic o constituie huilele grase cu flacără scurtă, cu un conținut de materii volatile cuprins între 16 și 30%. În R.P.R. s-au efectuat numeroase studii asupra capacității de cocsificare a huilelor tinere și a amestecurilor de cărbuni naturali din diferite grupe, pentru a se extinde baza de materii prime a industriei cocsochimice și a se micșora importul de cocs.

Cărbunii folosiți pentru fabricarea cocsului indigen sînt: huila de la minele Anina, Doman și Secul din Banat, huila tînără din Cîmpul lui Neag din bazinul Lupeni, semicocsul etc.

Instalațiile unei uzine cocsochimice pot fi grupate astfel (fig. 5.1):

— instalații pentru pregătirea cărbunelui;
— instalații pentru cocsificare (cuptoare);
— instalații și mașini anexe pentru deservirea cocsăriei;
— instalații pentru captarea subproduselor.

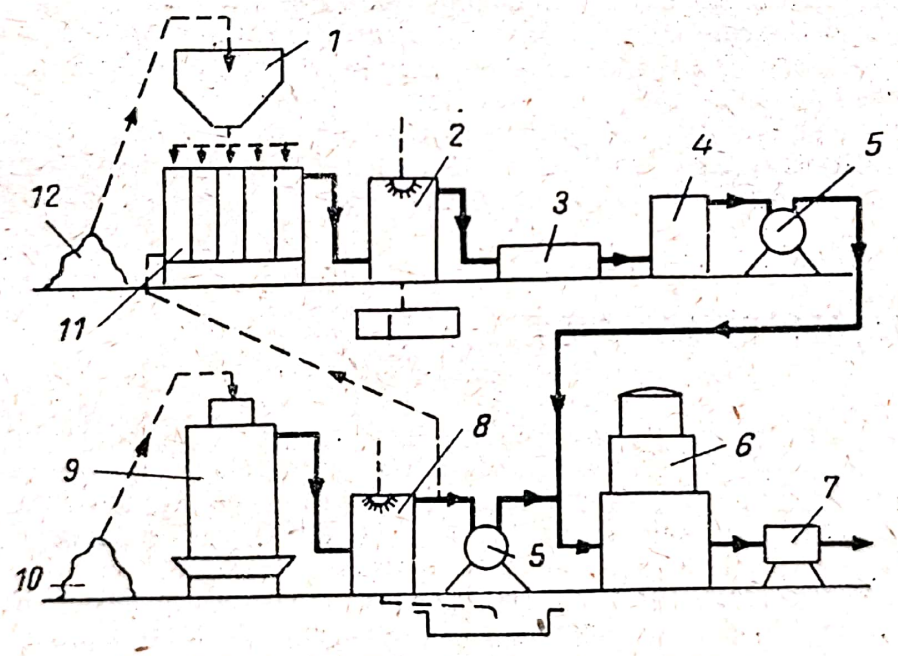


Fig. 5.1. Instalațiile unei uzine cocsochimice:

1 — buncăr; *2* — epurator umed; *3* — epurator uscat; *4* — recuperator de benzol; *5* — contor de gaz; *6* — rezervor de gaz; *7* — regulator de presiune; *8* — răcitor; *9* — gazogen; *10* — cocs; *11* — distilator; *12* — huilă.

Cuptoarele pentru cocsificare sînt de construcții diferite putînd fi orizontale sau verticale, cu recuperatoare sau cu regeneratoare etc. Ele sînt constituite din mai multe zeci de camere de cocsificare, reunite într-o singură baterie.

Perioada de cocsificare este de 16—20 h.

După calitatea cărbunilor, din 1 000 kgf de huilă se obține la cocsificare: 475 kgf de cocs, 40—50 kgf de gudron și uleiuri ușoare și 300—400 Nm^3 de gaze combustibile cu puterea calorică inferioară de 4 600—5 000 kcal/Nm^3.

Semicocsificarea este procesul de distilare uscată a combustibililor solizi, care are loc la temperatura de 500—600°C, în scopul obținerii de produse lichide (gudroane), gazoase (gazul de semicocs) și a semicocsului. Materia primă o constituie cărbunii bruni și huilele necocsificabile.

Semicocsificarea se execută în cuptoare cu încălzire exterioară (transmisia căldurii făcîndu-se prin pereții cuptorului), în cuptoare cu încălzire interioară (cu gaze calde care străbat masa cărbunelui) și în cuptoare cu încălzire electrică.

Combustibilii gazoși de pirogenare sînt: gazul de semicocsificare, gazul de cocsărie, gazul de lemn, gazul de iluminat.

Toți acești combustibili gazoși, conținînd cantități mai mari sau mai mici de oxid de carbon (5—40%) sînt toxici.

Cracarea este procedeul chimic întrebuințat în industria petrolului pentru obținerea unor hidrocarburi ușoare (benzine) cu putere calorică mare prin tratare, la temperaturi și presiuni înalte, a hidrocarburilor grele din motorine, asfalturi, păcură etc.

În cursul acestei operații o bună parte din materia prelucrată se transformă în produse gazoase. Proporția și compoziția acestora depinde de condițiile de lucru (temperatură, presiune, timpul de contact, sistemul de cracare) și de natura produsului supus cracării, putîndu-se ajunge pînă la 25% din greutatea materiei prelucrate, de obicei fiind cuprinsă între 10 și 15%.

Gazele de cracare conțin totdeauna o cantitate importantă de metan (pînă la 60%), alte hidrocarburi gazoase (etan, propan, etilenă, propilenă, butilenă etc.) și o cantitate mică de hidrogen. Aceste gaze se folosesc în mare măsură la fabricarea benzinelor sintetice, iar partea rămasă nefolosită, alcătuită mai ales din metan, se utilizează drept combustibil la focare și la motoarele cu ardere internă, întocmai ca și gazele de sondă cu care se amestecă, de cele mai multe ori.

5.2. INSTALAȚII DE GAZOGENE

În instalațiile de gazogene se produce gazificarea combustibililor solizi naturali sau artificiali, adică transformarea integrală a masei organice din combustibilul tratat, în gaze combustibile, provocată de acțiunea termochimică a unui agent de gazificare gazos. Agentul de gazificare este oxigenul obținut din aer, din vaporii de apă sau prin ambele procedee.

După natura agentului de gazificare, se pot produce gaz de aer, gaz de apă, gaz mixt (de amestec sau de generator) gaze de sinteză etc., numite în general gaze de generator sau gaze de gazogen.

Trecîndu-se un curent de aer peste cărbuni incandescenți se obține gazul de aer (gaz sărac); reacția principală este următoarea:

$$2\,C + O_2 + 3{,}76\,N_2 = 2\,CO + 3{,}76\,N_2 + 59\,400 \text{ kcal/kmol.} \qquad (5.1)$$

Elementul combustibil este oxidul de carbon.

Gazul de apă se obține prin trecerea unui curent de vapori de apă peste cărbuni incandescenți, conform reacțiilor endoterme:

$$C + H_2O = CO + H_2 - 28\,100 \text{ kcal/kmol;} \qquad (5.2)$$

$$C + 2\,H_2O = CO_2 + 2\,H_2 - 17\,800 \text{ kcal/kmol.} \qquad (5.3)$$

Reacția de echilibru a gazului de apă rezultă din diferența dintre reacțiile de mai sus:

$$CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2 \pm 10\,300 \text{ kcal/kmol.} \qquad (5.4)$$

Gazul mixt se obține prin insuflarea unui amestec de aer și vapori de apă peste cărbuni incandescenți.

Gazogenul sau generatorul este aparatul în care se realizează operația de gazificare a combustibililor solizi.

El este un cuptor vertical de formă cilindrică sau paralelipipedică, cu sau fără grătar, cu alimentare continuă sau periodică, mecanizată sau manuală.

Gazogenul poate fi construit din tablă de oțel sau din material refractar îmbrăcat într-o manta de tablă (fig. 5.2).

Gazogenul este prevăzut la partea superioară cu o gură de încărcare, cu închidere conică. Materialul de gazificat se încarcă prin această gură, formînd în interiorul gazogenului, un strat de combustibil, iar zgura se elimină pe la partea inferioară.

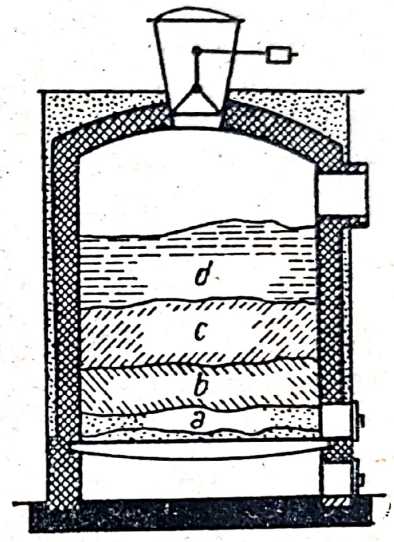


Fig. 5.2. Schema gazogenului:

a — zona de ardere; *b* — zona de reducere; *c*—zona distilării uscate; *d* — zona de uscare prealabilă.

Agentul de gazificare se poate introduce, fie pe la partea inferioară (procedeul direct sau ascendent), fie lateral (procedeele descendente și transversal). Schematic, stratul de combustibil formează în generator zone: de uscare, de pirogenare, de reducere și de oxidare. Zonele de oxidare și de reducere formează împreună zona de gazificare. În fiecare zonă, compoziția gazelor este alta.

Stratul de combustibil are grosimi variabile, după natura lui, de la 0,5—0,7 m, pentru cărbuni uscați și fără materii volatile (cocs) sau cu puține materii volatile (antracit) și poate atinge 4—6 m pentru turbă. Pe măsură ce arde, combustibilul alunecă în jos și se îmbogățește în cenușă și zgură: arderea combustibilului (oxidarea) se produce deasupra patului de zgură.

Cantitatea și calitatea gazului produs depind de alimentarea regulată cu combustibil a generatorului, de distribuția corectă a zonelor de lucru, de evacuarea corespunzătoare a zgurei și de repartiția uniformă a agentului de gazificare.

În fig. 5.3 este reprezentată schema unei instalații de gazificare.

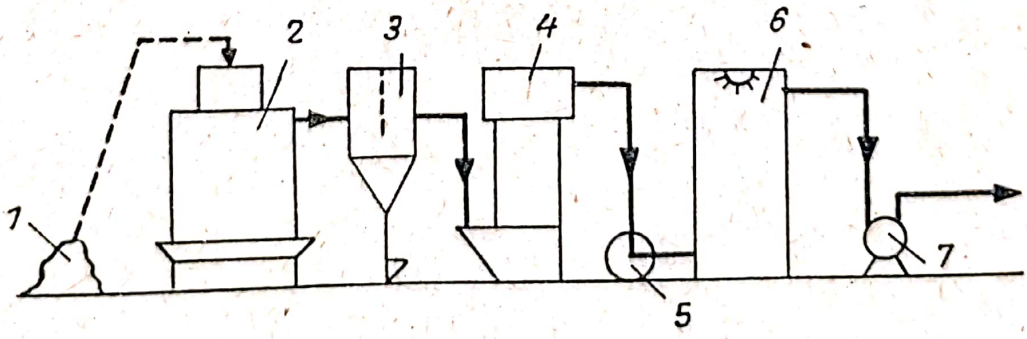


Fig. 5.3. Schema unei instalații de gazificare:

1 — cărbune; *2* — gazogen; *3* — separator de praf; *4* — separator de gudroane; *5* — ventilator; *6* — spălător; *7* — contor de gaz.

Recent au apărut procedee noi de gazificare: de înaltă presiune, în pat fluidizat, cu evacuarea zgurei lichide.

Aceste procedee moderne oferă o serie de avantaje ca: intensificarea procesului de gazificare, posibilitatea conducerii procesului la temperaturi relativ joase (900—1 000°C): posibilitatea recuperării unor gudroane, reducerea consumului specific de oxigen, posibilitatea folosirii cărbunilor de calitate inferioară, posibilitatea evacuării zgurei în stare lichidă etc.

Furnalul siderurgic (cuptorul înalt) poate fi considerat ca un generator de gaz de aer. Avînd drept scop principal fabricarea fontei, el produce în același timp o cantitate importantă de gaz combustibil, gazul de furnal.

Elementele combustibile ale gazului de furnal sînt: CO (24—31%), H_2 (1,5—10%), CH_4 (0,3—1,6%).

Compoziția lui chimică și puterea calorică (850—1 100 kcal/Nm³) diferă în oarecare măsură la furnalele care folosesc cocs, față de cele cu mangal.

Caracteristicile combustibililor gazoși artificiali sînt date în tabela 3.6.

VI

CAZANE DE ABUR

6.1. FUNCȚIONAREA CAZANELOR DE ABUR

Cazanele de abur sînt instalații în care apa, sub acțiunea căldurii se transformă în abur, în general la o presiune superioară presiunii atmosferice, acest abur fiind utilizat, fie în scopuri energetice sau tehnologice, fie pentru încălzirea clădirilor.

Din punct de vedere energetic, cazanul de abur este un transformator de energie. Energia chimică conținută în combustibil se transformă, prin procesul de ardere din focar, în energie termică înmagazinată de către abur.

Din punct de vedere funcțional, cazanul de abur este un schimbător de căldură. Căldura rezultată din arderea unui combustibil, dintr-o reacție nucleară, sau prin efectul termic al curentului electric se transmite apei, care se vaporizează, aburului care se supraîncălzește și aerului necesar arderii care se preîncălzește.

Modul de funcționare a instalației de cazan este următorul (fig. 6.1): apa introdusă în cazan, fie direct din rețeaua de alimentare, fie după ce a fost încălzită în economizor pînă aproape de temperatura de fierbere sau chiar pînă la temperatura de fierbere (în cazul economizorului fierbător), se vaporizează, obținîndu-se abur saturat umed; aburul saturat umed sau uscat (în instalațiile de separare a umidității) este introdus în supraîncălzitor, unde se usucă complet și își ridică temperatura pînă la valoarea de supraîncălzire voită (presiunea rămînînd la valoarea presiunii de regim a aburului saturat din sistemul fierbător); din supraîncălzitor aburul trecut prin regulatorul de temperatură, este debitat spre consumatori, prin robinetul principal de abur. Cazanul este alimentat continuu, cu ajutorul pompelor de alimentare, cu debitul de apă preparată (epurată, degazată și preîncălzită) corespunzător debitului de abur furnizat. Alimentarea cu apă se face la o presiune teoretic egală cu presiunea de regim din sistemul fierbător (în realitate la o presiune ceva mai mare pentru a învinge diversele rezistențe hidraulice, de la pompă pînă la tambur).

Combustibilul folosit pentru obținerea căldurii necesare proceselor termice din cazan (încălzirea și vaporizarea apei, supraîncălzirea aburului saturat, preîncălzirea aerului de ardere) poate fi solid, (bucăți sau pulverizat), lichid sau gazos. În funcție de acesta, cazanul este prevăzut cu focar și instalațiile de ardere corespunzătoare.

Reprezentarea instalației de cazane ca în fig. 6.1 este complicată. Pentru o reprezentare simplă, ușor de desenat și de citit, se folosesc în termoenergetică semne convenționale stabilite prin STAS 2644-55 și STAS 868-55 (v. anexa 1).

Scanned with OKEN Scanner

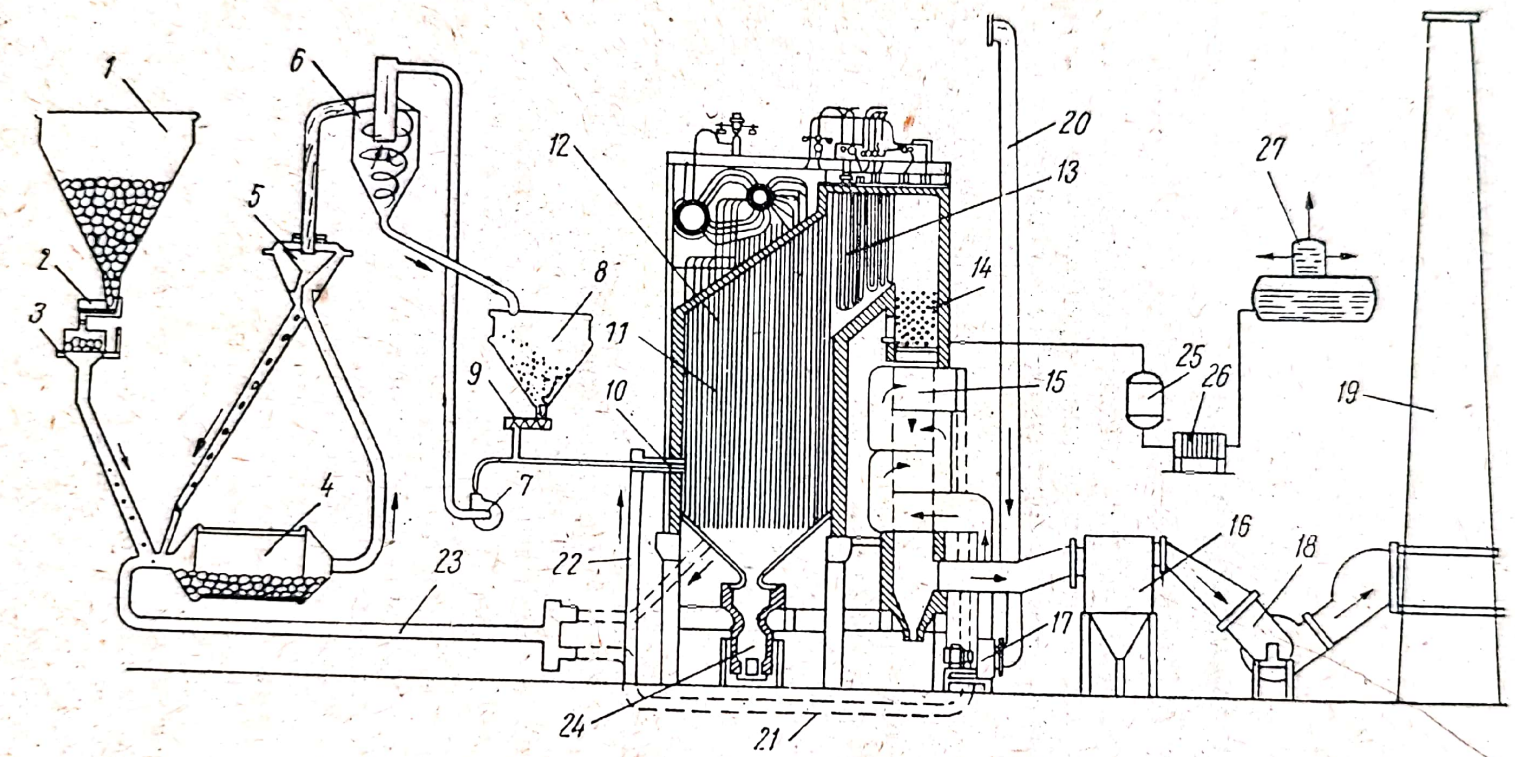


Fig. 6.1. Schema instalației de cazan de abur (cazan de radiație alimentat cu cărbune pulverizat):

1 — buncăr de cărbune brut ; *2* — alimentator de cărbune brut ; *3* — cîntar automat; *4* — moară cu bile; *5* — separator; *6* — ciclon; *7* — ventilator pentru cărbune pulverizat ; *8* — buncăr de cărbune pulverizat;*9* — alimentator de cărbune; *10* — arzător; *11* — focar; *12* — țevi de ecran; *13* — supraîncălzitor; *14* — economizor; *15* — preîncălzitor de aer ; *16* — multicicloane ; *17* — ventilator de aer ; *18* — exhaustor ; *19* — coș ; *20* — conductă de aspirație a ventilatorului de aer; *21* — conducta generală de aer; *22* — conducta de aer spre arzătoare; *23* — conductă de gaze calde spre moară; *24* — evacuarea zgurei lichide; *25* —preîncălzitor de apă; *26* — pompă de alimentare cu apă; *27* — rezervor de apă și degazor.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.1. **Parametrii de bază ai cazanului** (conform STAS 2605-51)

Nr. crt.	Denumirea parametrului	Simbolul	Unitatea de măsură	Definiția
1	Presiunea nominală	p_n	kgf/cm²	Presiunea de lucru maximă admisibilă în tamburul cazanului; ea se ia în considerare la proiectarea cazanului. La cazanele fără tambur se consideră drept presiune nominală presiunea măsurată la robinetul de la ieșirea din supraîncălzitorul de abur mărită cu 10%, care reprezintă pierderile de presiune admise în supraîncălzitor. Valorile standardizate ale presiunii nominale sînt cuprinse în tabela 6.2
2	Presiunea nominală de regim	p_r	kgf/cm²	Presiunea aburului în cazan în timpul exploatării, măsurată înaintea supraîncălzitorului de abur, aceasta este inferioară presiunii nominale cu circa 5%
3	Presiunea de utilizare	p_u	kgf/cm²	Presiunea aburului la robinetul de ieșire al supraîncălzitorului de abur
4	Temperatura nominală	t_n	°C	Temperatura aburului supraîncălzit, măsurată după regulatorul de temperatură sau, în lipsa acestuia, la ieșirea din supraîncălzitor, la debitul nominal al cazanului. Valorile standardizate ale temperaturii nominale sînt cuprinse în tabela 6.2
5	Temperatura apei de alimentare	t_a	°C	Se măsoară la intrarea în economizorul cazanului sau, în lipsa acestuia, la intrarea în cazan. Întrucît în R.P.R. nu au fost standardizate valorile temperaturii apei de alimentare, se pot folosi valorile indicate în tabela 6.3 (după standardul sovietic GOST 3619-47)
6	Debitul nominal (maximal continuu)	q_n	tf/h	Debitul maxim de abur pe care cazanul trebuie să-l asigure în timpul unei exploatări permanente. Debitul nominal caracterizează puterea cazanului. Valorile standardizate ale debitului nominal sînt indicate în tabela 6.2

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.1 (continuare)

Nr. crt.	Denumirea parametrului	Simbolul	Unitatea de măsură	Definiția
7	Debitul normal	q_{nor}	tf/h	Debitul de abur corespunzător funcționării cazanului cu randamentul optim. Acest debit reprezintă aproximativ 80% din cel nominal
8	Debitul de vîrf	q_v	tf/h	Acest debit este cu aproximativ 10% mai mare decît debitul nominal. În exploatare, cazanul nu trebuie să funcționeze cu debitul de vîrf decît circa 30 min și numai în cazuri excepționale
9	Debitul minim	q_{min}	tf/h	Debitul cel mai mic la care poate funcționa cazanul timp nedefinit, fără a suferi deteriorări
10	Debitul specific	q_s	kgf/m²·h	Raportul dintre debitul nominal de abur și suprafața de încălzire a cazanului $$q_s = \frac{q_n}{A} \times 1\,000 \ [\text{kgf/m}^2\cdot\text{h}], \quad (6.1)$$ unde A este suprafața de încălzire a cazanului de abur, în m²
11	Suprafața de încălzire	A	m²	Suprafața măsurată pe partea gazelor de ardere a pereților cazanului scăldați pe o parte de gazele de încălzire iar pe cealaltă de apă și abur
12	Cifra specifică de vaporizare	v_s	—	Raportul dintre cantitatea de abur produsă și cantitatea de combustibil consumată $$v_f = 1\,000 \frac{q_n}{C} \quad (6.2)$$ unde C este cantitatea de combustibil consumată pentru obținerea debitului nominal, în kgf/h
13	Solicitarea termică a focarului	q	kcal/m³·h	Raportul dintre cantitatea de căldură dezvoltată prin arderea combustibilului (CQ_i, în kcal/h) și volumul focarului (V_f, în m³) $$Q_f = \frac{CQ_i}{V_f} \quad (6.3)$$

Scanned with OKEN Scanner

Cu ajutorul acestor simboluri grafice s-au reprezentat în fig. 6.2. cîteva scheme termice simple de folosire a cazanului de abur pentru deservirea diferitelor categorii de consumatori de abur. Cazanul din fig. 6.2, *a*, produce abur pentru scopuri energetice (producerea de energie electrică) într-o centrală termoelectrică (*CTE*); cazanul din fig. 6.2, *b* produce într-o centrală de termoficare (*CET*) abur în scopuri energetice, pentru termoficare urbană (încălzire, ventilaţie şi alimentare cu apă caldă) şi pentru termoficare industrială (nevoi tehnologice, acţionări de maşini etc.); cazanul din fig. 6.2, *c* produce abur într-o centrală de încălzire (centrală termică — *CT*) pentru diverse nevoi de căldură.

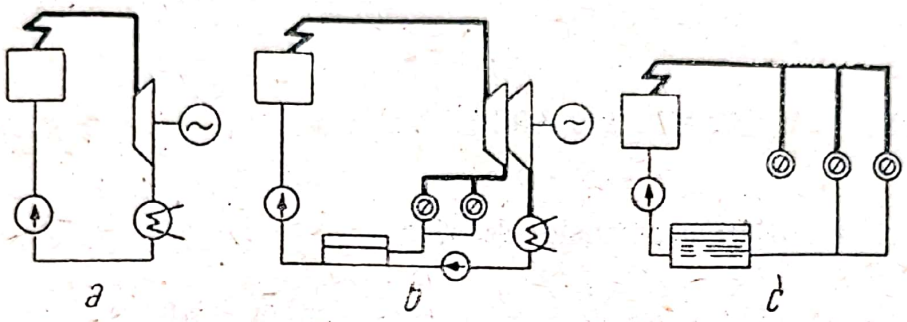


Fig. 6.2. Schemele amplasării cazanului de abur:

a — în centrală termoelectrică (*CTE*); *b* — în centrală de termoficare (*CET*); *c* — în centrală termică (*CT*).

6.2. PARAMETRII DE BAZĂ AI CAZANULUI

În vederea ridicării calităţii şi a ieftinirii producţiei de cazane de abur, fabricarea acestora a fost supusă unei reglementări, prin care s-a stabilit ca diferitele tipuri de cazane să se execute numai pentru anumite debite de abur şi numai pentru anumite valori ale presiunii şi temperaturii aburului supraîncălzit. Aceste valori ale debitului, presiunii şi temperaturii aburului, considerate a fi cele mai potrivite din punct de vedere tehnic şi economic au devenit obligatorii pentru constructorii de cazane. În tabelele 6.1, 6.2 şi 6.3 sînt cuprinse definiţiile şi valorile standardizate ale acestor mărimi, numite şi parametri.

Tabela 6.2. **Valorile parametrilor de bază ai cazanelor** (conform STAS 2764-51)

Presiunile nominale, kgf/m²	0,7	4	8	13	16	25	32	35	40
	50	64	80	100	125	160	200	225	—
Temperaturile nominale, °C	150	200	250	300	350	400	450	—	500
	Abateri limită ± 5%				Abateri limită ± 3%				
Debite nominale tf/h	0,2	0,4	0,7	1	2	4	6,5	10	16	20	25
	32	40	50	64	80	100	125	160	200	250	—

Tabela 6.3. **Temperatura apei de alimentare a cazanelor de abur în °C** (conform GOST 3619-47)

Presiunea nominală kgf/cm²	8	13	16	31,5	39	100
Temperatura nominală, °C	50	50	100	140	150	215

6.3. TIPURI DE CAZANE DE ABUR

6.3.1. Clasificarea cazanelor de abur

Pentru studierea sistematică a cazanelor de abur, acestea se clasifică după unele elemente comune, ca de exemplu: scopul pentru care este produs aburul, locul de utilizare, sursa de căldură, tipul de focar, modul de transmitere a căldurii de la gazele de ardere la suprafeţele de încălzire, modul de circulaţie a apei, presiunea de funcţionare etc. (tabela 6.4).

Cea mai uzuală clasificare este însă aceea după felul construcţiei sistemului fierbător (caracterizată prin volumul de apă conţinut), care influenţează, în primul rînd, construcţia întregului cazan (tabela 6.5 şi fig. 6.3).

Cazanele cu volum mare de apă sînt alcătuite, în general, din tambure mari; din această cauză, ele pot funcţiona şi cu apă de alimentare cu duritate mare, netratată, deoarece curăţirea interioară este uşoară.

Sistemul fierbător este caracterizat prin valoarea mare a raportului dintre volumul de apă şi mărimea suprafeţei de încălzire, de circa 40—250 l/m². Aceste cazane nu au în general suprafeţe auxiliare de încălzire.

Din cauza volumului mare de apă, au nevoie de un timp îndelungat (4—6 h) pentru a fi puse în funcţiune.

Cantitatea mare de căldură înmagazinată în apă, constituie un avantaj în unele cazuri, dar prezintă şi un pericol deosebit în caz de avarie.

Unele dintre aceste tipuri de cazane sînt folosite şi în prezent la anumite instalaţii de capacitate mică, în general pentru producerea de abur de joasă presiune, saturat sau supraîncălzit, utilizat la încălzire, în scopuri tehnologice în unele industrii, ca agent energetic pe locomotive şi nave etc. Domeniul lor de utilizare se restrînge din ce în ce datorită introducerii instalaţiilor de termoficare în industrie şi înlocuirii motoarelor cu abur cu piston de pe locomotive şi de pe navele mici cu motoare Diesel, motoare electrice sau cu turbine cu gaze.

Cazanele cu volum mic de apă (acvatubulare) sînt alcătuite din ţevi cu diametru mic (sub 102 mm) în care apa se vaporizează uşor; punerea lor în funcţiune durează, din această cauză, un timp scurt (1—2 h şi în unele cazuri chiar mai puţin). Sistemul fierbător al cazanelor acvatubulare se caracterizează prin valoarea mică a raportului dintre volumul spaţiului de apă şi suprafaţa de încălzire (25—100 l/m²). În general cazanele acvatubulare fiind construite pentru parametri ridicaţi, sînt prevăzute cu preîncălzitor de aer, economizor şi supraîncălzitor.

Ele sînt folosite în prezent aproape exclusiv pentru echiparea centralelor termoelectrice cu abur, a centralelor de încălzire şi a navelor propulsate cu turbine cu abur.

Scanned with OKEN Scanner

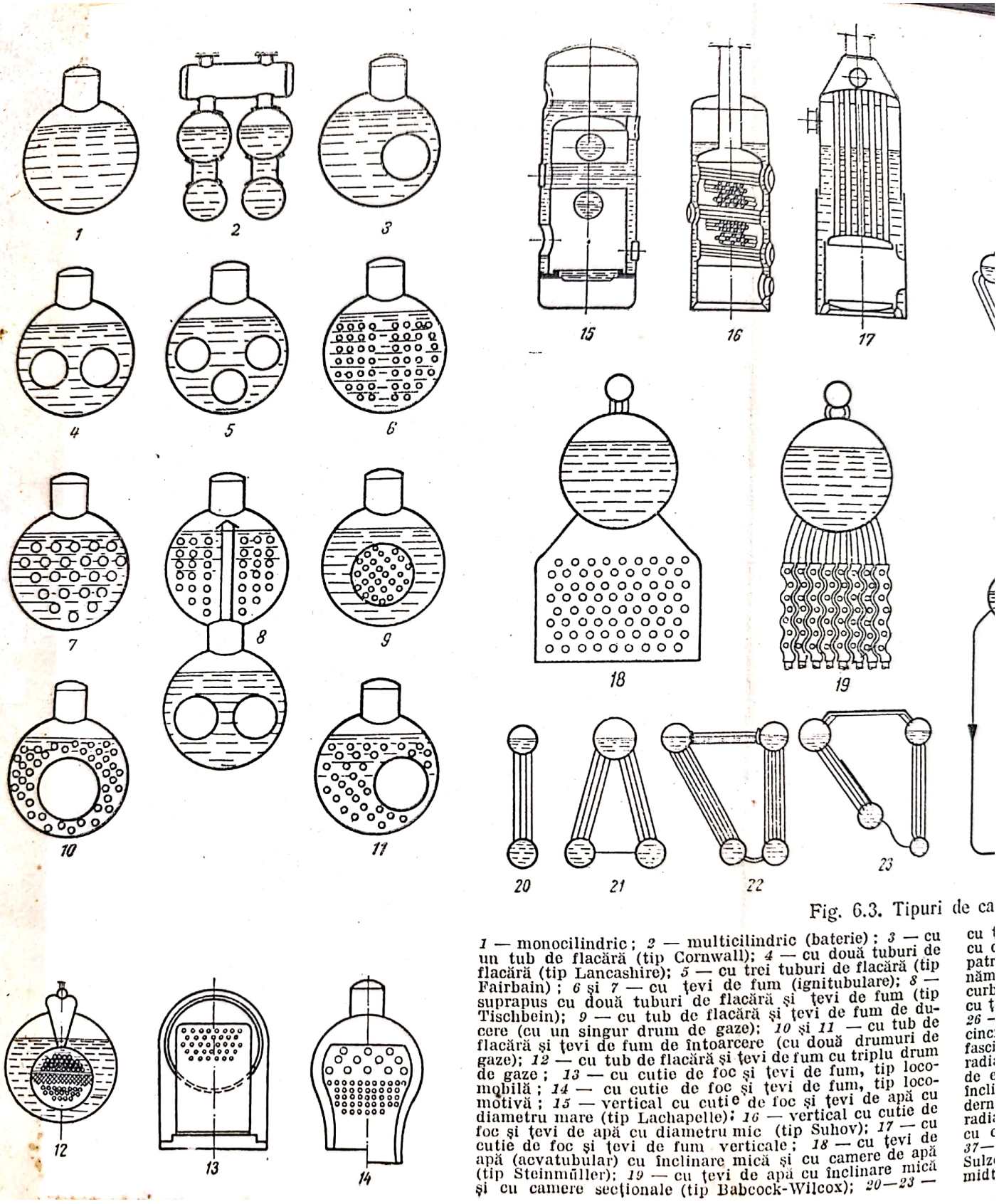


Fig. 6.3. Tipuri de ca

1 — monocilindric; *2* — multicilindric (baterie); *3* — cu un tub de flacără (tip Cornwall); *4* — cu două tuburi de flacără (tip Lancashire); *5* — cu trei tuburi de flacără (tip Fairbain); *6* și *7* — cu țevi de fum (ignitubulare); *8* — suprapus cu două tuburi de flacără și țevi de fum (tip Tischbein); *9* — cu tub de flacără și țevi de fum de ducere (cu un singur drum de gaze); *10* și *11* — cu tub de flacără și țevi de fum de întoarcere (cu două drumuri de gaze); *12* — cu tub de flacără și țevi de fum cu triplu drum de gaze; *13* — cu cutie de foc și țevi de fum, tip locomobilă; *14* — cu cutie de foc și țevi de fum, tip locomotivă; *15* — vertical cu cutie de foc și țevi de apă cu diametru mare (tip Lachapelle); *16* — vertical cu cutie de foc și țevi de apă cu diametru mic (tip Suhov); *17* — cu cutie de foc și țevi de fum verticale; *18* — cu țevi de apă (acvatubular) cu înclinare mică și cu camere de apă (tip Steinmüller); *19* — cu țevi de apă cu înclinare mică și cu camere secționale (tip Babcock-Wilcox); *20—23* —

cu t
cu c
patr
năm
curb
cu ț
26 —
cinc
fasci
radi
de e
încli
dern
radi
cu c
37 —
Sulz
midt

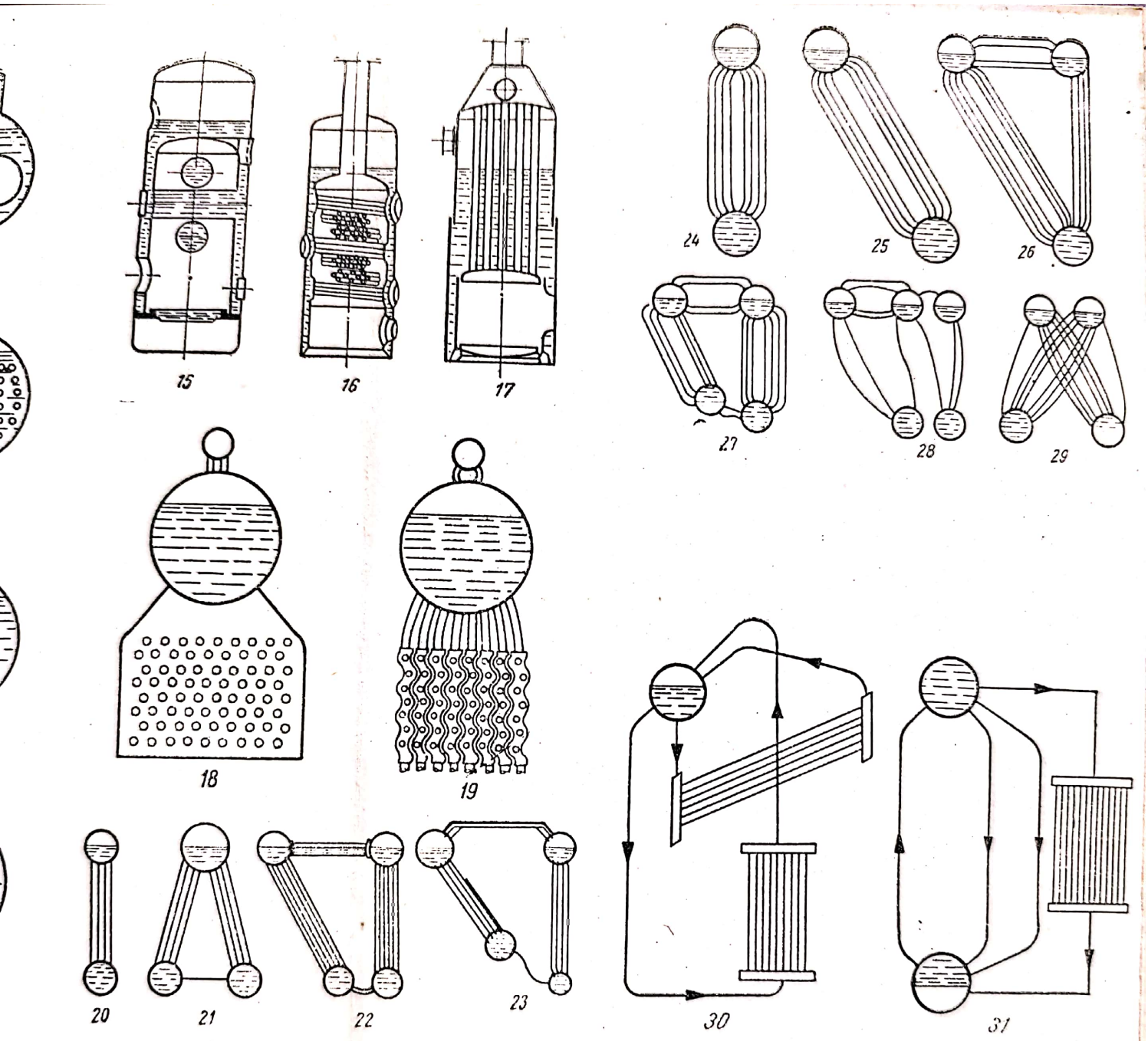
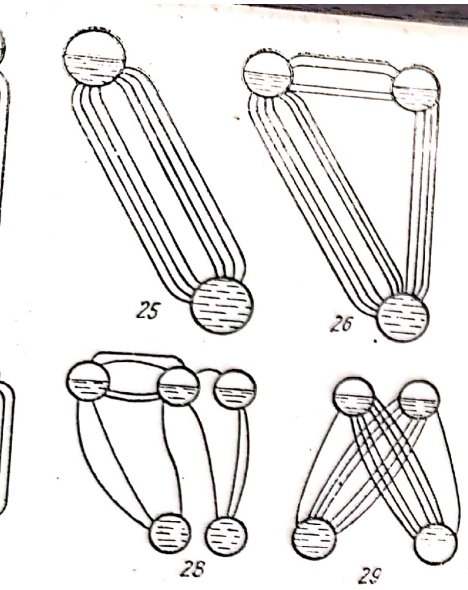
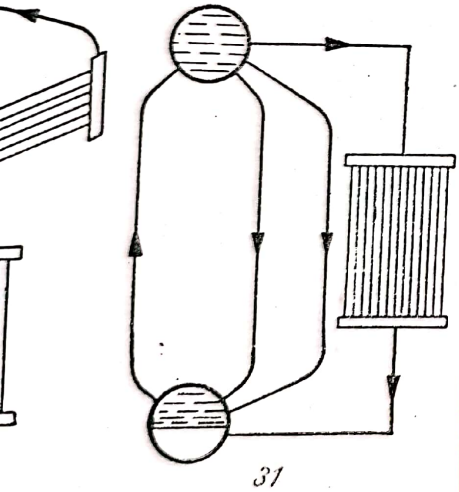


Fig. 6.3. Tipuri de cazane de abur:

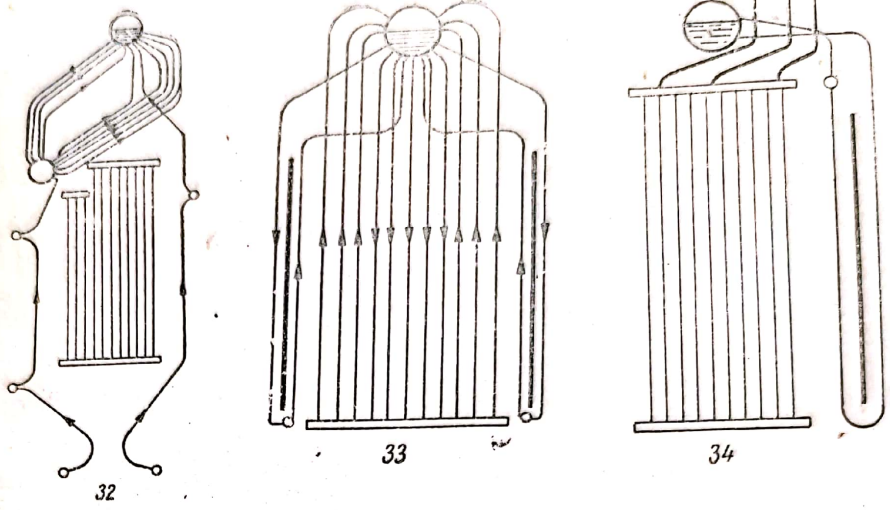
1 — monocilindric; *2* — multicilindric (baterie); *3* — cu un tub de flacără (tip Cornwall); *4* — cu două tuburi de flacără (tip Lancashire); *5* — cu trei tuburi de flacără (tip Fairbain); *6* și *7* — cu țevi de fum (ignitubulare); *8* — suprapus cu două tuburi de flacără și țevi de fum (tip Tischbein); *9* — cu tub de flacără și țevi de fum de ducere (cu un singur drum de gaze); *10* și *11* — cu tub de flacără și țevi de fum de întoarcere (cu două drumuri de gaze); *12* — cu tub de flacără și țevi de fum cu triplu drum de gaze; *13* — cu cutie de foc și țevi de fum, tip locomobilă; *14* — cu cutie de foc și țevi de fum, tip locomotivă; *15* — vertical cu cutie de foc și țevi de apă cu diametru mare (tip Lachapelle); *16* — vertical cu cutie de foc și țevi de apă cu diametru mic (tip Suhov); *17* — cu cutie de foc și țevi de fum verticale; *18* — cu țevi de apă (acvatubular) cu înclinare mică și cu camere de apă (tip Steinmüller); *19* — cu țevi de apă cu înclinare mică și cu camere secționale (tip Babcock-Wilcox); *20—23* — cu țevi drepte de apă cu înclinare mare; *20* — tip Garbe cu două tambure; *21* — tip Yarrow; *22* — tip Garbe cu patru tambure; *23* — cu trei tambure și cu colector de nămol cu țevi drepte curbate la capete; *24—29* — cu țevi curbe de apă cu înclinare mare; *24* — cu două tambure cu țevi verticale; *25* — cu două tambure cu țevi înclinate; *26* — cu trei tambure; *27* — cu patru tambure; *28* — cu cinci tambure tip Stirling; *29* — cu patru colectoare cu fascicule de țevi încrucișate; *30—34* — cu țevi ecran (de radiație); *30* — cu țevi de apă cu înclinare mică și cu țevi de ecran (tip Babcock-Wilcox); *31* — cu țevi de apă cu înclinare mare și țevi ecran (tip Railegh); *32* — cazan modern de radiație cu două tambure și țevi curbe; *34* — de radiație cu colectoare superioare și inferioare; *35 — 36* — cu circulație forțată; *35* — tip la Mont; *36* — tip Velox; *37—40* — cu trecere forțată; *37* — tip Benson; *38* — tip Sulzer; *39* — tip Ramzin; *40* — tip Yuia; *41* — tip Schmidt Hartman; *42* — tip Loffler.

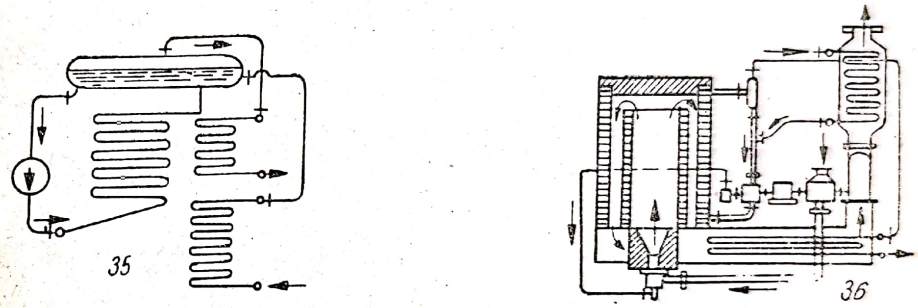
Scanned with OKEN Scanner

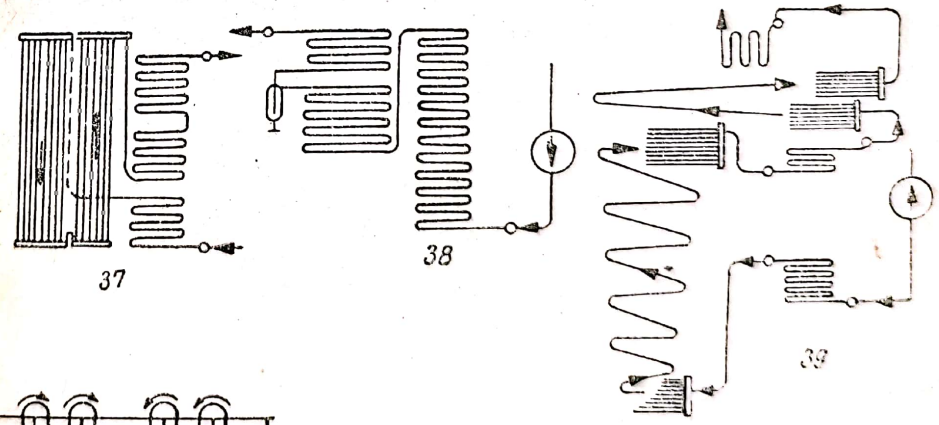


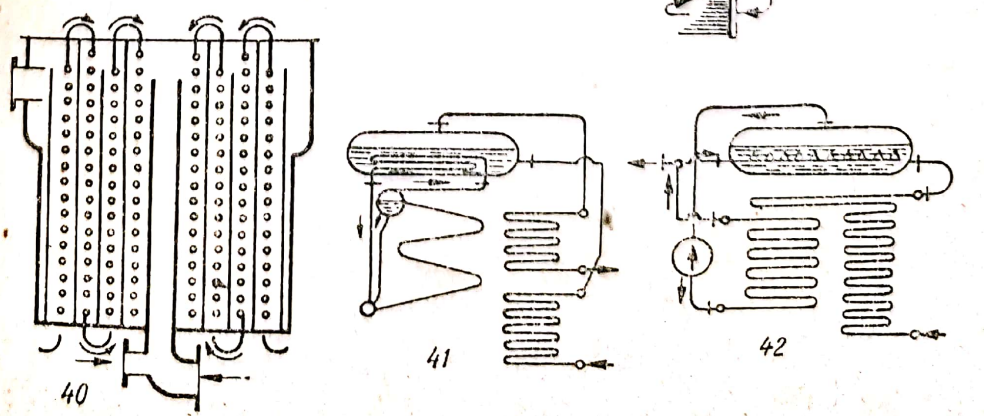


ă cu înclinare mare; *20* — tip Garbe
21 — tip Yarrow; *22* — tip Garbe cu
— cu trei tambure și cu colector de
e curbate la capete; *24—29* — cu țevi
linare mare; *24* — cu două tambure
— cu două tambure cu țevi înclinate;
e; *27* — cu patru tambure; *28* — cu
tirling; *29* — cu patru colectoare cu
rucișate; *30—34* — cu țevi ecran (de
vi de apă cu înclinare mică și cu țevi
ck-Wilcox); *31* — cu țevi de apă cu
ecran (tip Railegh); *32* — cazan mo-
două tambure și țevi curbe ; *34* — de
superioare și inferioare; *35* — *36* —
; *35* — tip la Mont; *36* — tip Velox;
forțată ; *37* — tip Benson; *38* — tip
mzin; *40* — tip Vuia; *41* — tip Sch-
tip Loffler.









Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.4. **Clasificarea generală a cazanelor de abur**

Scopul pentru care este produs aburul	Locul de utilizare	Gradul de stabilitate	Fluidul folosit	Sursa de căldură
1. Cazane pentru încălziri centrale de joasă presiune (sub 0,7 kgf/ cm²) 1.1. Cazane de fontă 1.2. Cazane din țevi de oțel sudate (Tubal)	1. Cazane terestre	1. Cazane stabile	1. Cazane cu vapori de apă	1. Cazane cu combustibili obișnuiți (clasici)
2. Cazane pentru încălzire și abur tehnologic	2. Cazane marine	2. Cazane mobile 2.1. de locomobilă 2.2. de locomotivă	2. Cazane cu vapori de mercur (tip Field)	2. Cazane cu combustibili nucleari
3. Cazane pentru abur tehnolegic și instalații energetice		3. Cazane rotative	3. Cazane cu vapori de difenil-oxid	3. Cazane electrice
4. Cazane pentru instalații energetice			4. Instalații de cazane binare (vapori de apă și vapori de mercur)	4. Cazane solare
5. Cazane pentru scopuri speciale 5.1. cazane recuperatoare 5.2. cazane acumulatoare				

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.4 (continuare)

Focarul	Modul de transmitere a căldurii de la gazele de ardere la suprafețele de încălzire	Modul de vaporizare	Modul de circulație a apei	Presiunea de funcționare	Felul construcției sistemului fierbător caracterizată prin volumul de apă conținut
Conform tabelei 6.6	1. Cazane de convecție	1. Cazane cu vaporizare directă	1. Cazane cu circuit închis 1.1. cazane cu circulație naturală 1.2. cazane cu circulație forțată	1. Cazane sub vid sub 0,7 kgf/cm²	1. Cazane cu volum mare de apă
	2. Cazane de radiație și convecție	2. Cazane cu vaporizare indirectă 2.1. Vaporizare cu abur saturat (Schmidt-Hartmann) 2.2. Vaporizare cu abur supraîncălzit (Loffler)	2. Cazane cu circuit deschis (cu trecere forțată)	2. Cazane de joasă presiune 0,7—6 kgf/cm² 3. Cazane de medie presiune 6—50 kgf/cm² 4. Cazane de înaltă presiune 64—225 kgf/cm² 5. Cazane de presiune supracritică peste 225 kgf/cm²	2. Cazane cu volum mic de apă (conform tabelei 6.5)

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.5. Clasificarea cazanelor de abur după volumul de apă

A. CAZANE CU VOLUM MARE DE APĂ (cu corp vaporizator; cu circulație naturală)	B. CAZANE CU VOLUM MIC DE APĂ (cu țevi vaporizatoare)
A.1. *Cazane simple* A.1.1. Cazan monocilindric A.1.2. Cazan multicilindric (baterie) A.2. *Cazane cu tub de flacără* A.2.1. Cazan monotubular (Cornwall) A.2.2. Cazan bitubular (Cornwall, Lancashire) A.2.3. Cazan tritubular (Cornwall) A.3. *Cazane cu țevi de fum* (ignitubulare) A.4. *Cazane combinate orizontale* A.4.1. Cazan cu tub de flacără și țevi A.4.2. Cazan cu tub de flacără și țevi de fum de ducere A.4.3. Cazan cu tub de flacără și țevi de fum de întoarcere A.4.4. Cazan cu tub de flacără și cu triplu drum de gaze (Holland) A.4.5. Cazane cu cutie de foc și țevi de fum a. tip locomobilă b. tip locomotivă A.5. *Cazane combinate verticale* A.5.1. Cazan cu cutie de foc și cu țevi de apă cu diametru mare (Lachapelle) A.5.2. Cazan cu cutie de foc și cu țevi de apă cu diametru mic (Suhov) A.5.3. Cazan cu cutie de foc și cu țevi de fum verticale	B .1. *Cazane cu circuit închis* B.1.1. *Cazane cu circulație naturală* a. cazane cu țevi cu înclinare mică a.1. cu camere de apă (Steinmüller, Suhov) a.2. cu camere secționale (Babcock-Wilcox) b. cazane cu țevi de apă cu înclinare mare b.1. cazane cu țevi drepte (Garbe, Yarow) b.2. cazane cu țevi curbe (Stirling, Raileigh) b.3. cazane cu țevi ecran (de radiație) c. cazane combinate B.1.2. *Cazane cu circulație forțată* a. Cazan La Mont b. Cazan Velox c. Cazan Löffler B. 2. *Cazane cu circuit deschis* (cu trecere forțată) B.2.1. Cazan Benson B.2.2. Cazan Sulzer B.2.3. Cazan S.S.W. B.2.4. Cazan Ramzin B.2.5. Cazan Vuia

Scanned with OKEN Scanner

În cazanele cu circulație naturală, circulația este generată de diferența de greutate specifică a fluidului din țevile așezate în zonele mai reci ale cazanului, uneori chiar în afara canalelor de gaze și din țevile fierbătoare, comunicante cu primele, expuse acțiunii gazelor fierbinți din focar și din canalele de gaze. În țevile mai puțin încălzite, numite țevi de cădere, curentul de apă este descendent, iar în țevile fierbătoare intens încălzite, emulsia apă-abur este ascendentă.

În cazanele cu circulație forțată, circulația apei în sistemul fierbător este generată de o pompă specială de recirculare.

În cazanele cu trecere forțată, apa introdusă în cazan de pompele de alimentare trece prin economizor, apoi prin sistemul fierbător (în care se vaporizează complet) după care transformată în abur trece în continuare prin supraîncălzitor, mergînd apoi la utilizare.

Aceste cazane nu au tambure, fiind constituite, în general, numai die țevi fierbătoare, care prelungesc țevile economizorului și se continuă cu țeviln supraîncălzitoare.

În fig. 6.4 sînt reprezentate schematic aceste trei tipuri de cazane.

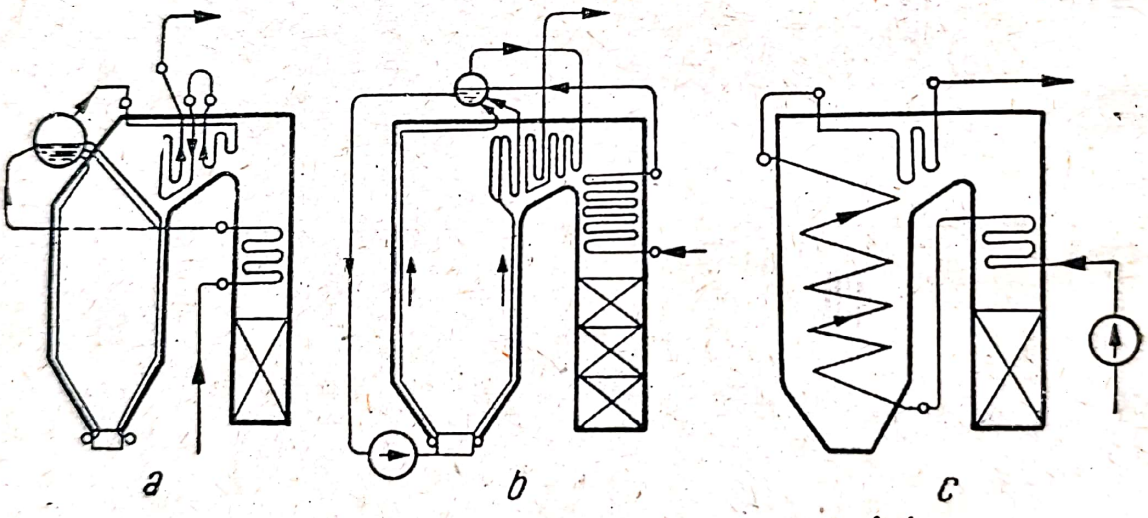


Fig. 6.4. Schema circulației apei:

a — cazan cu circulație naturală ; *b* — cazan cu circulație forțată ; *c* — cazan cu trecere forțată.

La cazanele moderne se folosește intensiv încălzirea prin radiație, focarele fiind complet ecranate cu țevi fierbătoare și uneori cu țevi supraîncălzitoare. Aceste cazane pot fi construite pentru parametri foarte înalți, limitele atinse la nivelul actual al tehnicii fiind: debitul 1 700 tf/h; presiunea 350 kgf/cm²; temperatura de supraîncălzire 650°C; debitul specific 500 kgf/m²·h.

Funcționarea lor este sigură și continuă, pericolul pe care-l prezintă spargerea țevilor fiind redus; necesită apă de alimentare bine tratată, pot fi complet automatizate.

6.3.2. Cazane de abur fabricate în R.P.R.

În R.P.R. se construiesc numeroase tipuri de cazane de abur, cu presiuni pînă la 50 kgf/cm² și cu debite pînă la 50 tf/h folosind combustibili solizi, lichizi și gazoși.

În tabela 6.6 sînt cuprinse caracteristicile principale pentru o serie de cazane fabricate în R.P.R.

Tabela 6.6. **Caracteristicile principale ale unor cazane fabricate în R.P.R.**

Nr. crt.	Tipul cazanului	Caracteristici			Combustibilul folosit și sistemul de ardere
		Debit tf/h	Presiune kgf/cm²	Temperatură °C	
1	Cazane secționale din fontă	apă caldă sub 100°C sau abur pînă la 0,7 kgf/cm²; debitul de căldură 32 000—493 000 kcal/h			Combustibil solid, lichid sau gazos
2	Cazane secționale din oțel tip „Metalica“	apă caldă sau abur pînă la 0,7 kgf/cm², debitul de căldură 127 000—875 000 kcal/h			Combustibil solid, lichid sau gazos
3	Cazane secționale din oțel tip ICMA	apă caldă sau abur pînă la 0,7 kgf/cm², suprafața de încălzire 5,9—103 m².			Combustibil lichid sau gazos
4	Cazan apă fierbinte	100 Gcal/h	—	—	Combustibil lichid și gazos
5	Cazan apă fierbinte	50 Gcal/h	—	—	Combustibil lichid și gazos
6	Cazane orizontale tip „Manotehnica“	0,16—1,08	1—6	temperatura de saturație	Combustibil solid, lichid sau gazos
7	Cazane verticale tip „Manotehnica“	0,1—0,29	1—6	temperatura de saturație	Combustibil solid, lichid sau gazos

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.6 (continuare)

Nr. crt.	Tipul cazanului	Caracteristici			Combustibilul folosit și sistemul de ardere
		Debit tf/h	Presiune kgf/cm²	Temperatură °C	
8	Cazane cu tub de flacără	0,5—1,2	max. 15	—	Combustibil solid, lichid sau gazos
9	Cazan Vuia	1	13	saturat	gaze naturale sau combustibil special
10	Cazan Vuia	3	13	saturat	gaze naturale sau combustibil special
11	Cazan cu tub de flacără CTF 1	2	13	saturat	păcură, gaze naturale **)
12	Cazan acvatubular	2	8	saturat	lignit
13	Cazan recuperator	2,6	39	450	gaze rezultate din diverse procese industriale
14	Cazan recuperator	4—7	8—13	250	gaze rezultate din diverse procese industriale
15	Cazan secțional CSR 1	4,5	16	300	rumeguș și deșeuri din lemn, ars pe grătar fix în trepte
16	Cazan radiant CRE 10 B	6,5	8	saturat	gaze naturale, păcură*)
17	Cazan radiant CR 10 B	6,5	8	saturat	gaze naturale, păcură
18	Cazan acvatubular	6,5	8	saturat	lignit
19	Cazan radiant CR 10 A	6,5	16	saturat	gaze naturale, păcură
20	Cazan radiant CRE 10 A	6,5	16	saturat	gaze naturale, păcură *)
21	Cazan acvatubular	6,5	16	saturat	lignit
22	Cazan radiant CR 9 B	10	8	saturat	păcură, gaze naturale
23	Cazan radiant CRE 9 B	10	8	saturat	păcură, gaze naturale *)

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.6 (continuare)

Nr. crt.	Tipul cazanului	Caracteristici			Combustibilul folosit și sistemul de ardere
		Debit tf/h	Presiune kgf/cm²	Temperatură °C	
24	Cazan radiant CR 9 A	10	16	saturat	păcură, gaze naturale
25	Cazan radiant CRE 9 A	10	16	saturat	păcură, gaze naturale *)
26	Cazan radiant CR 9	10	16	350	păcură, gaze naturale
27	Cazan radiant CRE 9	10	16	350	păcură, gaze naturale
28	Cazan radiant CR 11	10	16	350	coji de floarea soarelui, păcură și gaze naturale cu combustibil de adaos
29	Cazan secțional HLK 288	10	16	350	lignit ars pe grătar tip Martin
30	Cazan radiant CR 01 (IPROM)	20	40	450	cărbune pulverizat în mori cu ciocane
31	Cazan radiant CR 02	20	40	450	lignit mori cu ciocane
32	Cazan radiant CR 5	20	40	450	gaze naturale, păcură
33	Cazan radiant CR 6	20	40	450	păcură, gaze naturale
34	Cazan radiant CR 7	50	40	450	huilă pe grătar catenar
35	Cazan radiant CR 12	50	40	450	păcură, gaze naturale
36	Cazan radiant CR 03	50	40	450	gaze naturale
37	Cazan radiant IP 01	50	40	450	gaze de furnal cu combustibil de adaos păcură sau gaz metan
38	Cazan radiant	50	40	450	lignit cu mori ventilator

Observații: *) se montează în aer liber
**) se montează în clădire sau în aer liber.

Cazane pentru încălziri centrale de joasă presiune (sub 0,7 kgf/cm²). Cazanele secționale din fontă (STAS 2457-51 se construiesc pentru apă caldă (sub 100°C) sau abur (pînă la 0,7 kgf/cm²). Ele se compun din mai multe elemente identice, montate între un element frontal și unul de fund (fig. 6.5). Caracteristicile principale ale cazanelor secționale din fontă sînt cuprinse în tabela 6.7. Presiunea de încercare a acestor cazane este de 15 kgf/cm².

Cazanele secționale din oțel se compun din elemente formate din țevi de oțel, asamblate prin sudură, în formă de cadre (fig. 6.6). Caracteristicile principale ale cazanelor secționale din oțel sînt cuprinse în tabelele 6.8 și 6.9.

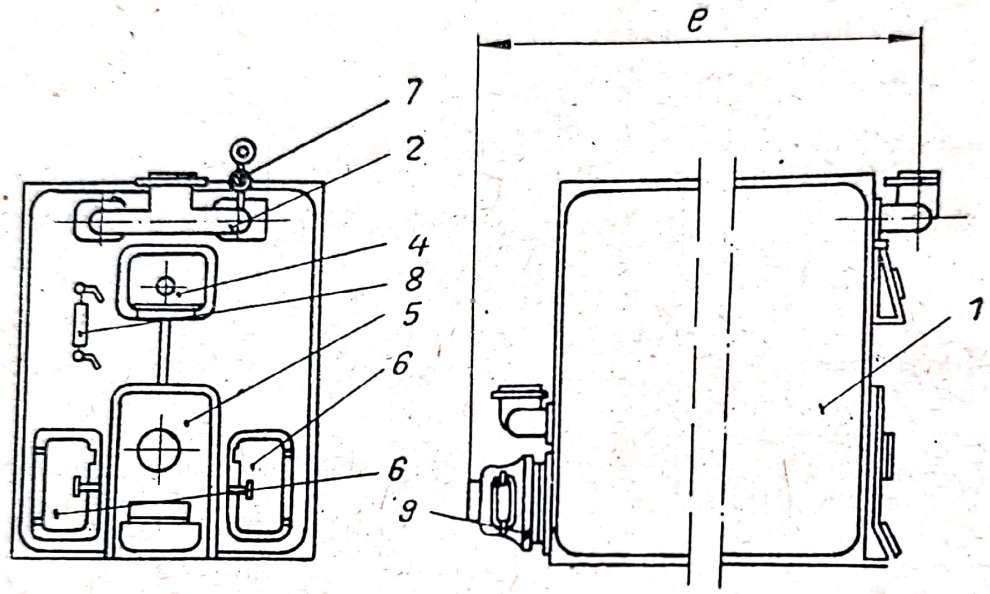


Fig. 6.5. Cazan secțional din fontă:
1 — corpul cazanului; *2* — colector; *3* — colector de fum; *4* — ușa de control; *5* — ușa focarului; *6* — ușa de curățire; *7* — manometru; *8* — sticlă de nivel.

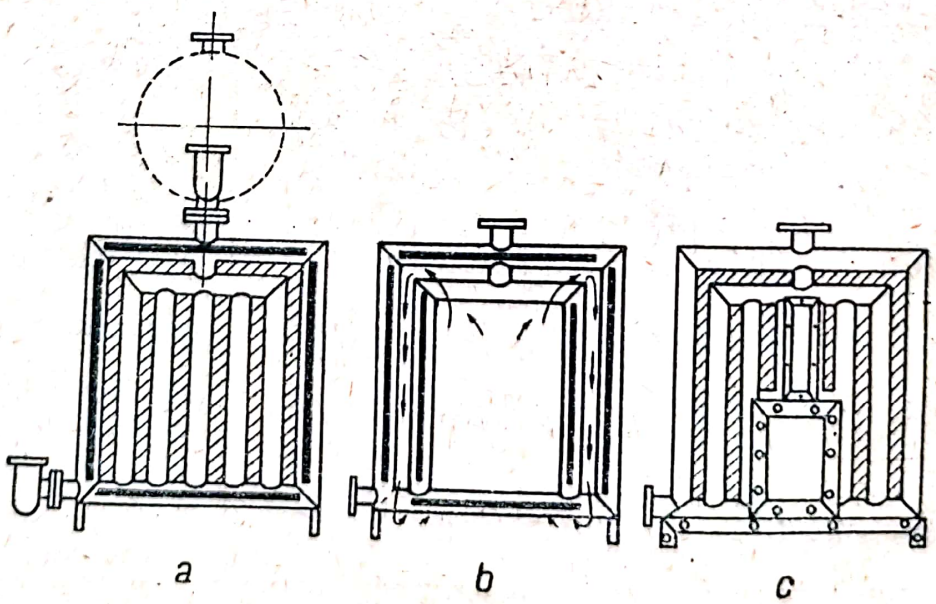


Fig. 6.6. Cazan secțional din oțel (tip „Tubal"):
a — element de fund; *b*—element de mijloc; *c*—element frontal.

Tabela 6.7. **Cazane secționale din fontă** (conform STAS 2457-51)

Numărul de elemente	Lungimea l mm	Suprafața de încălzire pentru combustibil		Fluxul de căldură			
				Combustibil fluid		Combustibil solid	
		Fluid	solid	Apă	Abur	Apă	Abur
		m²		kcal/h			
Cazane tip I							
5	1195	6,00	6,11	48 000	42 000	42 770	32 660
6	1315	7,30	7,45	58 000	51 100	52 150	44 700
7	1435	8,50	8,79	68 800	60 200	61 350	52 740
8	1555	9,90	10,13	79 200	69 300	70 910	60 780
9	1675	11,20	11,47	89 600	78 400	80 290	68 820
10	1795	12,50	12,60	100 000	87 500	89 600	76 800
Cazane tip II							
7	1595	14,60	14,89	116 800	102 200	104 230	89 840
8	1715	16,80	17,15	134 400	117 600	120 000	102 900
9	1835	19	19,41	152 000	133 000	135 870	116 460
10	1955	21,20	21,67	169 600	148 400	151 690	130 020
11	2075	23,40	23,93	187 200	163 800	167 510	155 580
12	2195	25,60	26,19	204 800	179 200	183 330	157 140
13	2315	27,80	28,45	222 400	194 600	199 150	170 700
14	2435	30	30,70	240 000	210 000	214 900	184 200
Cazane tip III							
11	2391	32,80	34,06	262 400	229 600	233 420	204 360
12	2531	36	37,35	288 000	252 000	261 450	224 100
13	2631	39,20	40,64	313 600	274 400	284 480	243 840
14	2751	42,40	43,93	339 200	296 800	307 510	263 580
15	2871	45,60	47,22	364 800	319 200	330 540	283 320
16	2931	48,80	50,51	390 400	341 600	363 570	303 060
17	3111	52	53,80	416 000	364 000	376 600	322 800
18	3231	55,20	57,09	441 000	386 400	399 630	342 540
19	3351	58,40	60,38	467 200	408 800	422 660	362 280
20	3471	61,60	63,67	492 800	431 200	445 900	382 020

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.8. **Cazane tip „Metalica" pentru abur şi apă**

Numărul de elemente	Lungimea mm	Suprafaţa de încălzire m²	Fluxul de căldură	
			Apă	Abur
			kcal/h	
		Cazane tip R		
6	1004	14,20	142 000	127 800
7	1168	16,80	168 000	151 200
8	1332	19,40	194 000	174 600
9	1496	22	220 000	198 000
10	1660	24,60	246 000	231 400
11	1824	27,20	272 000	244 800
12	1988	29,80	298 000	260 200
13	2152	32,40	324 000	291 600
14	2316	35	350 000	315 000
15	2480	37,60	376 000	338 400
		Cazane tip P		
8	1332	28	280 000	252 000
9	1496	31,50	315 000	283 500
10	1660	35	350 000	315 000
11	1824	38,50	385 000	336 500
12	1988	42	420 000	376 000
13	2152	45,50	455 000	409 500
14	2316	49	490 000	441 000
15	2480	52,50	525 000	472 500
16	2644	56	560 000	504 000
17	2880	59,50	595 000	535 500
18	2972	63	630 000	567 000
19	3136	66,50	665 000	598 500
20	3300	70	700 000	630 000
21	3464	73,50	735 000	671 500
22	3628	77	770 000	693 000
23	3712	80,50	805 000	724 500
24	3956	84	840 000	756 000
25	4120	87,50	875 000	797 500

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.9. **Cazane de oțel tip ICMA**

Numărul de elemente	Lungimea mm	Suprafața de încălzire pentru combustibil lichid m²	Suprafața de încălzire pentru combustibil gazos m²	Lungimea mm	Suprafața de încălzire pentru combustibil lichid m²	Suprafața de încălzire pentru combustibil gazos m²
	Mărimea 0			*Mărimea I*		
9	1184	5,9	6,5	2018	12,50	14
10	1260	6,7	7,3	2122	14,50	16
11	1336	7,5	8,2	2222	16	18
12	1412	8,3	9	2324	18	20
13	1488	9,1	9,9	2426	20	22
14	1564	9,9	10,7	2528	21,50	23,50
15	1640	10,7	11,6	2630	23	25,50
16	1716	11,5	12,4	2732	25	27,50
17	1792	12,3	13,3	2834	26,50	29,50
18	1868	13,1	14,1	2936	28,50	31,50
19	1944	13,9	15	3038	30	33
20	2020	14,7	15,8	3144	32,50	35
21	2096	15,5	16,7	3242	33,50	37
22	2172	16,3	17,5	3344	35,50	39
23	—	—	—	3446	37	41
24	—	—	—	3548	39	42,50
	Mărimea II			*Mărimea III*		
16	2830	30	32	—	—	—
17	2940	32	34	—	—	—
18	3050	34	36	—	—	—
19	3155	36	38	—	—	—
20	3260	38	40	—	—	—
21	3370	40	42,50	3910	54,50	58,90
22	3480	42	44,50	4130	57,30	61,90
23	3585	44	46,50	4200	60,10	64,90
24	3695	46	48,50	4350	62,90	67,90
25	3800	48	51	4475	65,70	70,90
26	3910	50	53	4600	68,50	73,90
27	4020	52	55	4740	71,30	76,90
28	4125	54	57	4870	74,10	79,90
29	4235	56	59	5010	76,90	82,90
30	4340	58	61	5140	79,70	85,90
31	4450	60	63,50	5270	82,50	88,90
32	—	—	—	5400	85,30	91,90
33	—	—	—	5530	88,10	94,90
34	—	—	—	5670	90,90	97,90
35	—	—	—	5800	93,70	100,90
36	—	—	—	5940	96,50	103,90

Scanned with OKEN Scanner

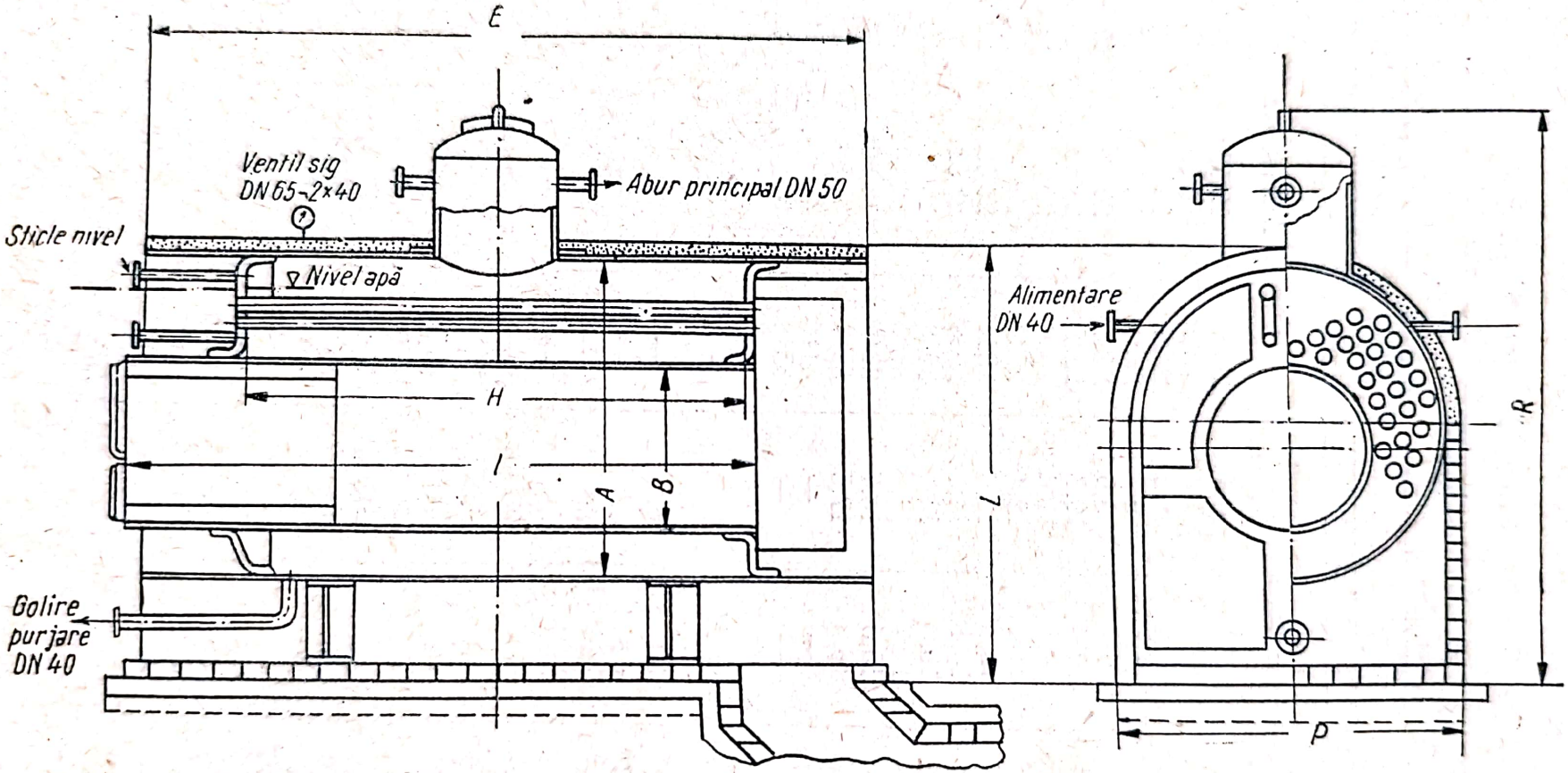


Fig. 6.7. Cazan combinat orizontal tip „Manotehnica".

Scanned with OKEN Scanner

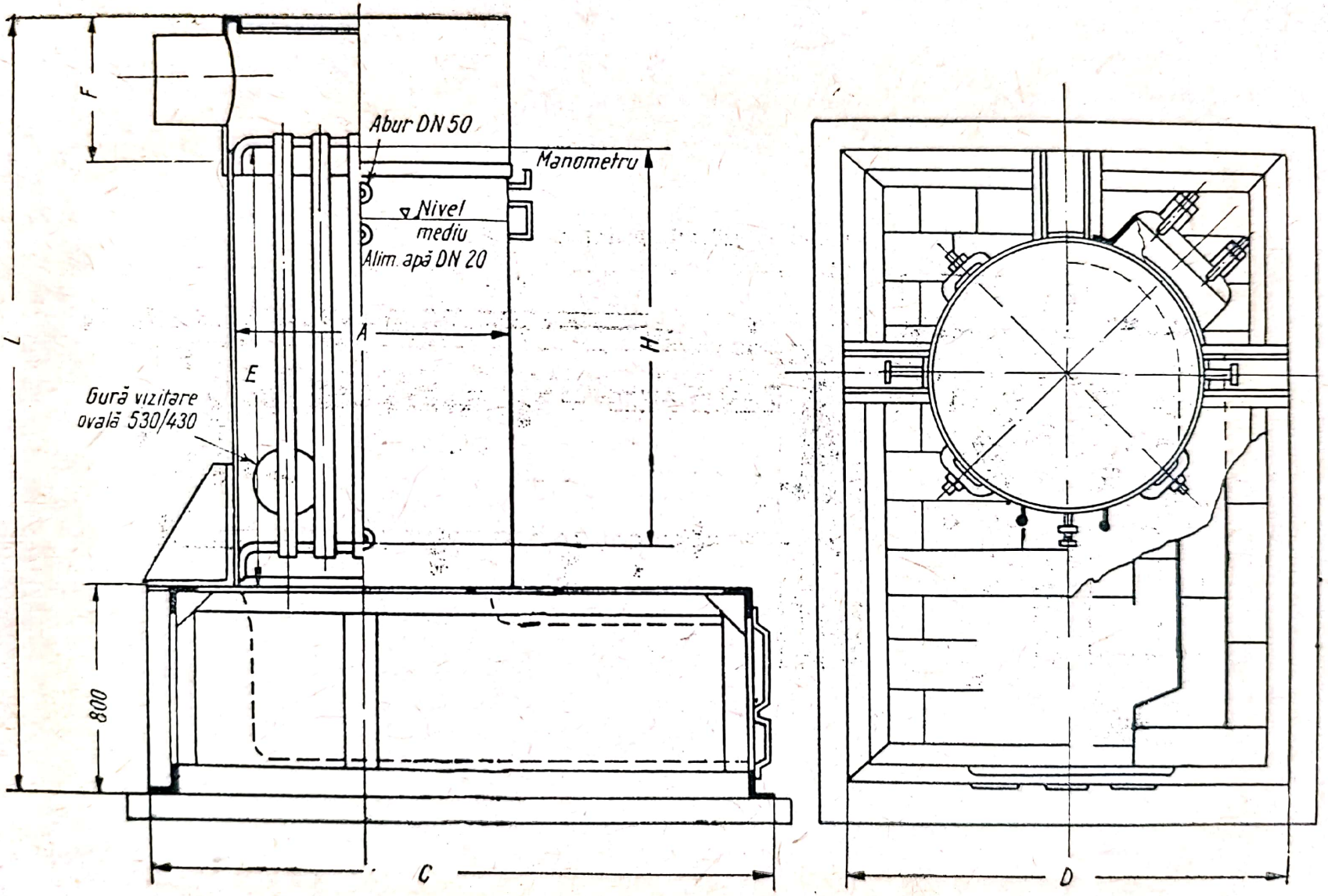


Fig. 6.8. Cazan combinat vertical tip „Manotehnica".

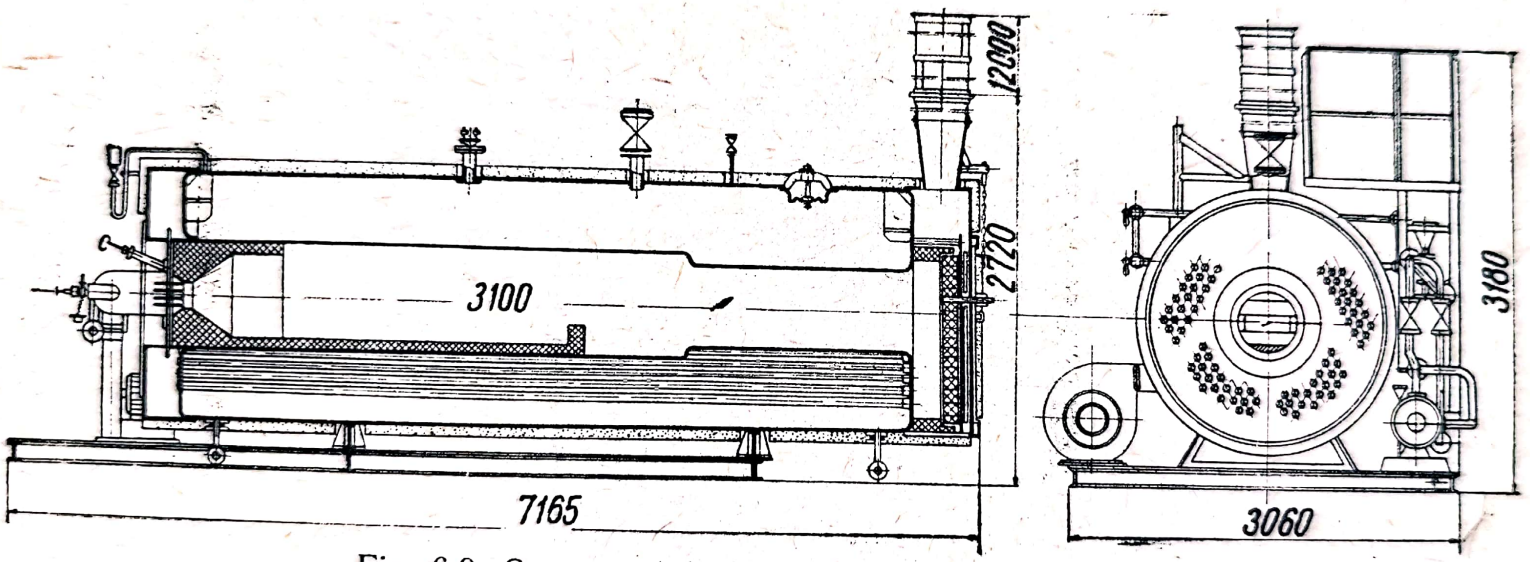


Fig. 6.9. Cazan cu tub de flacără și țevi de fum CTF 1.

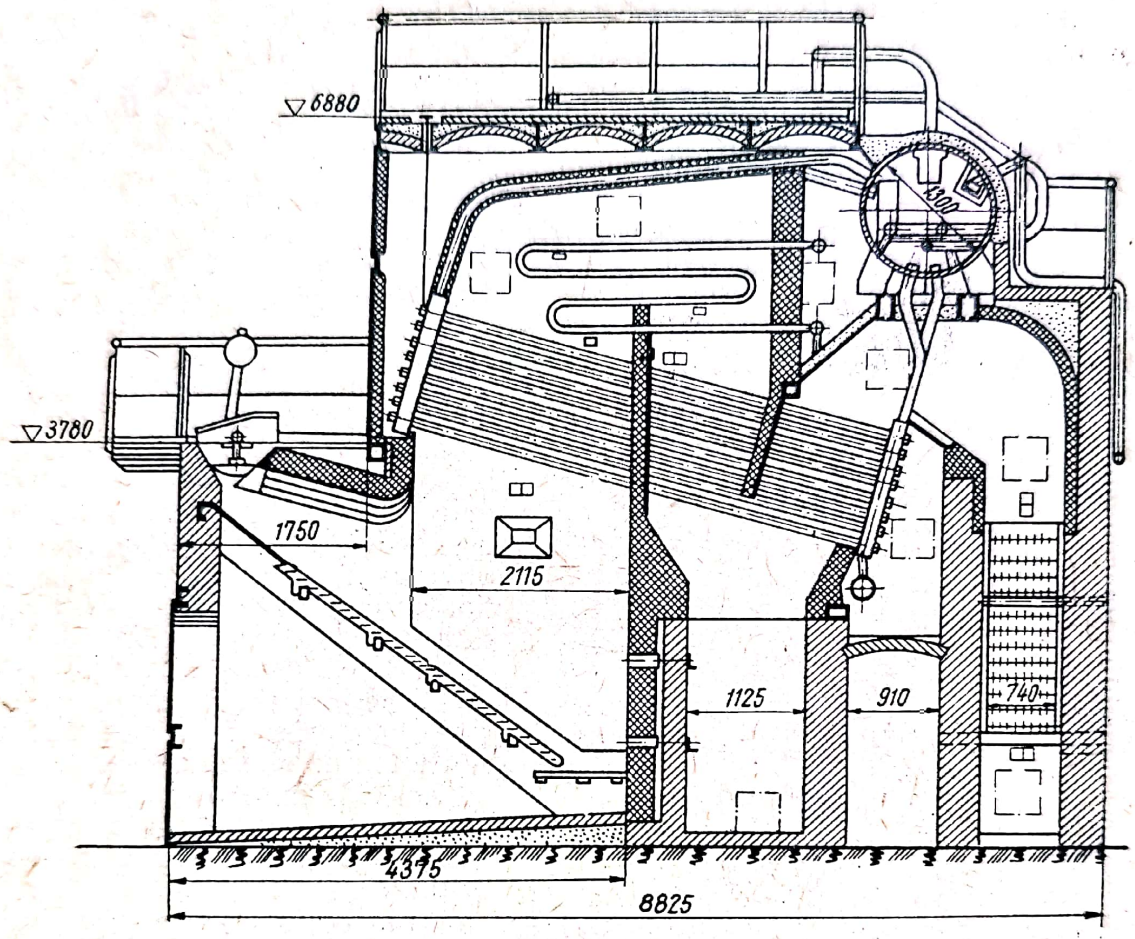


Fig. 6.10. Cazan secţional pentru ars rumeguş CSR 1.

Tabela 6.10. **Caracteristicile cazanelor cu tub de flacără**

Caracteristicile cazanului	Cazan cu un singur tub de flacără	Cazan cu două tuburi de flacără
Suprafaţa de încălzire, m²	21—55	41—130
Debitul specific, kgf/m²·h	maxim 22	
Debitul nominal, tf/h	0,5—1,2	0,9—2,9
Presiunea nominală, kgf/cm²	maxim 15	
Lungimea cazanului		
— fără suprafeţele de încălzire auxiliare, m	6—9	8—13
— cu suprafeţele de încălzire auxiliare, m	7—11	10—15
Diametrul tubului de flacără, D, m	1,5—1,8	2—2,5
Înălţimea nivelului minim de apă deasupra tubului de flacără, m	0,1 D+0,01	0,1 D+0,02

Cazane pentru încălzire şi abur tehnologic. În acest scop se construiesc următoarele tipuri principale de cazane cu volum mare de apă:

— cazane cu tub de flacără (tip Cornwall);
— cazane cu ţevi de fum;
— cazane combinate orizontale;
— cazane combinate verticale.

În fig. 6.7—6.10 sînt reprezentate unele dintre aceste cazane, iar în tabelele 6.10—6.14 sînt cuprinse caracteristicile lor principale.

Cazanul Vuia se construieşte pentru 1 şi 3 tf/h abur saturat (Vuia 1, respectiv Vuia 2), pentru presiuni de 6—13 kgf/cm² şi pentru funcţionare cu combustibil lichid (special) şi gaze naturale.

Cazanul Vuia (fig. 6.11) este un cazan cu trecere forţată sau cu circulaţie forţată. Are un tub focar central, construit din material fero-termorefractar, cu diametrul de 50—125 mm şi cu lungimea de 500—1 250 mm, în funcţie de debitul cazanului. Serpentinele din ţeavă de oţel sînt montate coaxial cu tubul focar, în poziţie verticală, într-un corp cilindric de tablă, închis la extremităţi cu două capace. Serpentinele sînt separate între ele prin şicane cilindrice din tablă de oţel termorezistent, care, fiind fixate coaxial cu tubul focar central, alternativ la capacul inferior şi la cel superior, constituie canalele de gaze de secţiune inelară. În fiecare canal, gazele încălzesc una sau mai multe serpentine, care fiind racordate între ele alcătuiesc un singur drum apă-abur, de la intrare pînă la ieşire.

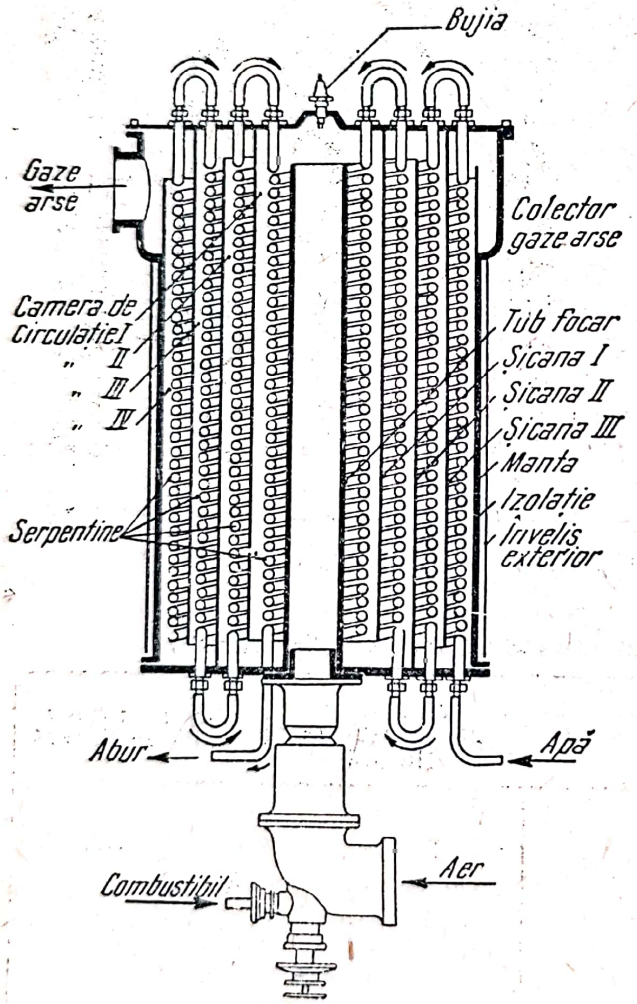


Fig. 6.11. Schema cazanului Vuia.

Tubul focar este racordat la un capăt cu un arzător combinat, cu combustibil special sau cu gaze naturale. Amestecul combustibil este aprins la pornire cu o bujie.

Cazanul este prevăzut cu o pompă de alimentare cu apă, o pompă de circulaţie, o pompă de combustibil (în cazul combustibilului lichid) şi o suflantă de aer.

Cazanul de abur Vuia se bazează pe arderea accelerată şi pe circulaţia forţată a emulsiei apă-abur în serpentinele cazanului.

Radiaţia intensă a tubului focar, circulaţia în contracurent a gazelor de ardere şi a emulsiei apă-abur asigură o transmitere de căldură intensă, care duce la dimensiuni reduse ale cazanului, la un randament ridicat şi la rapiditate în pornire.

Scanned with OKEN Scanner

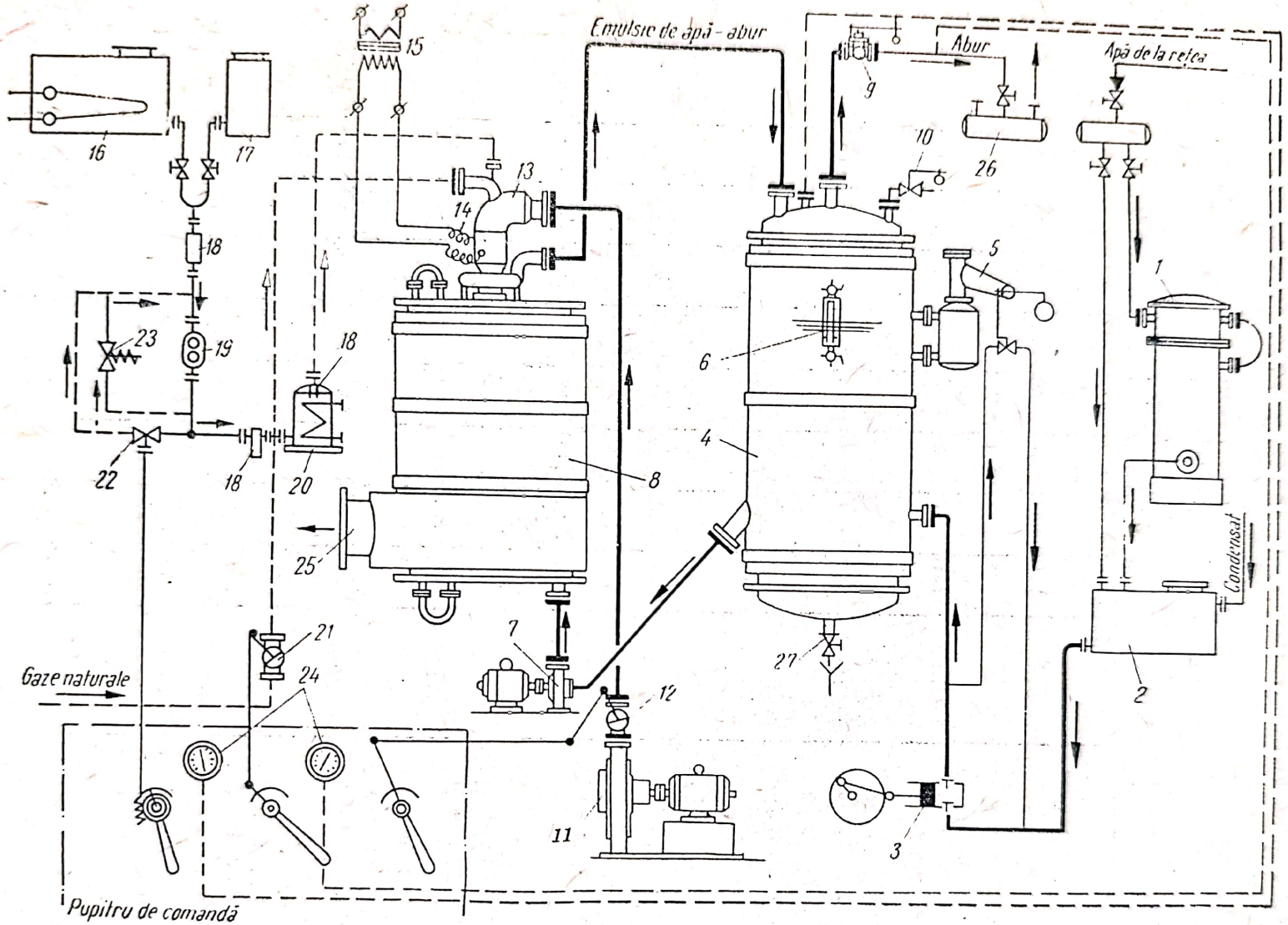


Fig. 6.12. Schema instalației de cazan Vuia:

1 — epurator; *2* — rezervor de alimentare; *3* — pompă de alimentare; *4* — tambur separator; *5* — regulator automat de nivel; *6* — indicator de nivel; *7* — pompă de circulație; *8* — cazan Vuia; *9* — regulator de presiune; *10* — supapă de siguranță; *11* — suflantă de aer; *12* — clapetă de aer; *13* — arzător combinat pentru gaze și combustibil lichid; *14* — bujie; *15* — transformator electric pentru aprindere; *16* — rezervor pentru combustibil lichid; *17* — rezervor pentru petrol lampant; *18* — filtru pentru combustibil lichid; *19* — pompă de combustibil; *20* — preîncălzitor de combustibil; *21* — robinet pentru gaze; *22* — robinet de reglare; *23* — regulator de presiune; *24* — manometru; *25* — racord pentru coș; *26* — distribuitor de abur; *27* — ventil pentru purjare.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.11. Caracteristicile cazanelor orizontale tip „Manotehnica"

Caracteristici \ Tipul cazanului	Unitatea de măsură	MO-10	MO-15	MO-20	MO-25	MO-30	MO-35	MO-40	MO-50	MO-60
Suprafaţa de încălzire	m^2	10	15	20	25	30	35	40	50	60
Debitul nominal de abur	kgf/h	160	270	320	430	540	610	720	900	1080
Presiunea nominală	kgf/cm^2	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6
Greutatea cazanului	kgf	2000	2500	4500	5000	5500	7000	7500	8000	10 000
Diametrul interior al tamburului *A*	mm	1300	1300	1500	1500	1500	1500	1720	1720	1720
Lungimea tamburului *E*	mm	1600	2000	2500	3000	3200	3500	3500	4000	4500
Diametrul interior al tubului de flacără *B*	mm	600	600	625	625	625	625	860	860	860
Lungimea tubului de flacără *I*	mm	1200	1600	2060	2560	2760	3060	2890	3388	3888
Numărul de ţevi, grosimea peretelui 3,5 mm diametrul 76 mm	bucăţi	32	36	36	36	40	42	54	58	58
Lungimea ţevilor *H*	mm	810	1210	1560	2060	2260	2560	2762	2762	3262
Înălţimea cazanului *L*	mm	1600	1600	1810	1810	1810	1810	2060	2060	2060
Lăţimea cazanului *P*	mm	1380	1380	1600	1600	1600	1600	1800	1800	1800
Înălţimea totală *R*	mm	2200	2200	2600	2600	2600	2600	2870	2870	2870

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.12. **Caracteristicile cazanelor verticale tip „Manotehnica“**

Caracteristici / Tipul cazanului	Unitatea de măsură	MV-6	MV-10	MV-15	MV-18
Suprafaţa de încălzire	m^2	6	10	15	18
Debitul nominal de abur	kgf/h	100	160	240	290
Presiunea nominală	kgf/cm^2	1—6	1—6	1—6	1—6
Greutatea cazanului	kgf	1000	1500	1900	2200
Înălţimea cazanului *L*	mm	2900	3100	3400	3400
Diametrul interior al tamburului, *A*	mm	600	760	900	930
Înălţimea tamburului (grosimea peretelui mm) *E*	mm	1820	2120	2220	2220
Lungimea focarului *C*	mm	1720	1720	2120	2120
Lăţimea focarului *D*	mm	1100	1240	1400	1400
Numărul de ţevi (diametrul 76 mm, grosimea peretelui 3,5 mm)	buc.	18	30	39	47
Lungimea ţevilor *H*	mm	1700	2000	2100	2100
Înălţimea cutiei de fum *F*	mm	300	330	400	400

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.13. **Caracteristicile principale ale cazanului cu tub de flacără și țevi de fum CTF 1**

Denumirea caracteristicii	Unitatea de măsură	Valoarea
Debitul nominal de abur	tf/h	2,0
Debitul normal de abur	tf/h	1,6
Presiunea nominală (maximă admisă)	kgf/cm²	13
Temperatura aburului saturat	°C	194
Temperatura apei de alimentare la intrarea în cazan	°C	50
Temperatura gazelor de ardere la coș (la debitul normal)	°C	215—220
Combustibilul întrebuințat	—	gaze naturale sau păcură
Consumul orar de păcură la sarcina nominală	kgf/h	170
Consumul orar de gaze naturale la sarcina nominală	Nm³/h	180
Suprafața tubului de flacără	m²	11,29
Suprafața țevilor de fum	m²	70,48
Debitul ventilatorului de aer	Nm³/h	2520
Puterea motorului electric al ventilatorului de aer	kW	4,5
Debitul pompei de alimentare	m³/h	4
Presiunea pompei de alimentare	kgf/cm²	16
Puterea motorului pompei de alimentare	kW	7
Înălțimea coșului metalic	m	15
Diametrul coșului	mm	400

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.14. **Caracteristicile principale ale cazanelor CSR 1 și CRE 10 A**

Caracteristicile cazanului / Tipul cazanului	Unitatea de măsură	Cazanul CSR 1	Cazanul CRE 10 A
Debitul nominal	tf/h	4,5	6,5
Presiunea nominală	kgf/cm²	16	8 și 16
Temperatura nominală	°C	300	Temp. de saturație
Temperatura apei de alimentare	C°	fără economizor 15 cu economizor 40	70
Suprafața sistemului fierbător	m²	236	187
Suprafața supraîncălzitorului	m²	64	—
Suprafața economizorului	m²	50	—
Suprafața preîncălzitorului de aer	m²	—	182
Combustibilul folosit		Rumeguș și deșeuri de lemn	Păcură sau gaze naturale
Sistemul de ardere		Grătar în trepte	Arzătoare
Alte caracteristici		Se execută cu tiraj natural sau artificial, respectiv fără sau cu economizor	Nu are exhaustor

Instalația funcționează astfel (fig. 6.12): pompa de combustibil *19* aspiră combustibilul din rezervoarele *16* și *17* și îl trimite cu 15—20 kgf/cm², prin preîncălzitorul de combustibil *20* și filtrele *18*, în arzătorul combinat al cazanului.

Reglarea debitului de combustibil se realizează prin robinetul de reglare cu ac *22*. Regulatorul de presiune *23*, asigură pompa de combustibil și instalația împotriva suprapresiunilor. O duză specială asigură pulverizarea combustibilului și dirijarea în tubul focar al cazanului.

În cazul funcționării cu gaze naturale, acestea intră în arzătorul combinat, prin robinetul pentru gaze *21*, de unde, de asemenea, după o difuzare corespunzătoare ajunge în tubul focar al cazanului.

Suflanta *11* trimite prin clapeta de aer *12*, aerul necesar arderii la presiuni variabile, între 400 și 700 mm H_2O arzătorului combinat *13*, unde amestecul combustibil-aer este turbionat și dirijat în tubul focar.

Arderea este amorsată la presiune cu ajutorul unei bujii *14* montată în circuitul transformatorului electric *15*.

O dată amorsată arderea, aceasta se menține și pe măsură ce tubul focar se încălzește devine mai accentuată. Gazele de ardere parcurg în contracurent cele patru drumuri de gaze, fiind dirijate de șicanele din interiorul cazanului *8* și părăsesc cazanul prin coșul *25*.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.15. Caracteristicile principale ale unor cazane energetice fabricate în R.P.R.

Caracteristici \ Tipul cazanului	Unitatea de măsură	IPROM 6,5 tf/h	MTD cu tambur transversal	CR 9	IPROM 20 tf/h	CR 5	CR 03	CR 12
Debitul nominal	tf/h	6,5	10	10	20	20	50	50
Presiunea nominală	kgf/cm²	16	8; 16	16	35	40	40	40
Temperatura nominală	°C	250	abur saturat; abur supra încălzit la 250, 300,350 °C	350	400	450	450	450
Temperatura apei de alimentare	°C					100	200	150
Temperatura aerului preîncălzit	°C					200	200	220—250
Temperatura gazelor la coș	°C					150—190		165
Suprafața sistemului fierbător	m²	160		138	200	175	400	533
Suprafața supraîncălzitorului	m²			470	180	196	170	517
Suprafața economizorului	m²			—	428	133	1100	328
Suprafața preîncălzitorului de aer	m²			246	3×250	133	—	1270
Combustibilul folosit	—		gaze naturale păcură	gaze naturale păcură	cărb. gaze nat. păcură	gaze naturale păcură	gaze naturale	gaze natur. păcură
Sistemul de ardere	—		arzătoare	arzătoare		arzătoare	12 arzăt.	arzătoare
Figura	—	6.13	6.14	6.15	6.16	6.17	6.18	6.19
Alte caracteristici	—	camere secționate în V	camere secționale și tambur transversal	țevi fierbătoare verticale și ecrane de rad.	cazan de radiație cu 5 tambure	cazan de radiație		cazan de radiație
Observații					nu se mai fabrică		nu se mai fabrică	

Scanned with OKEN Scanner

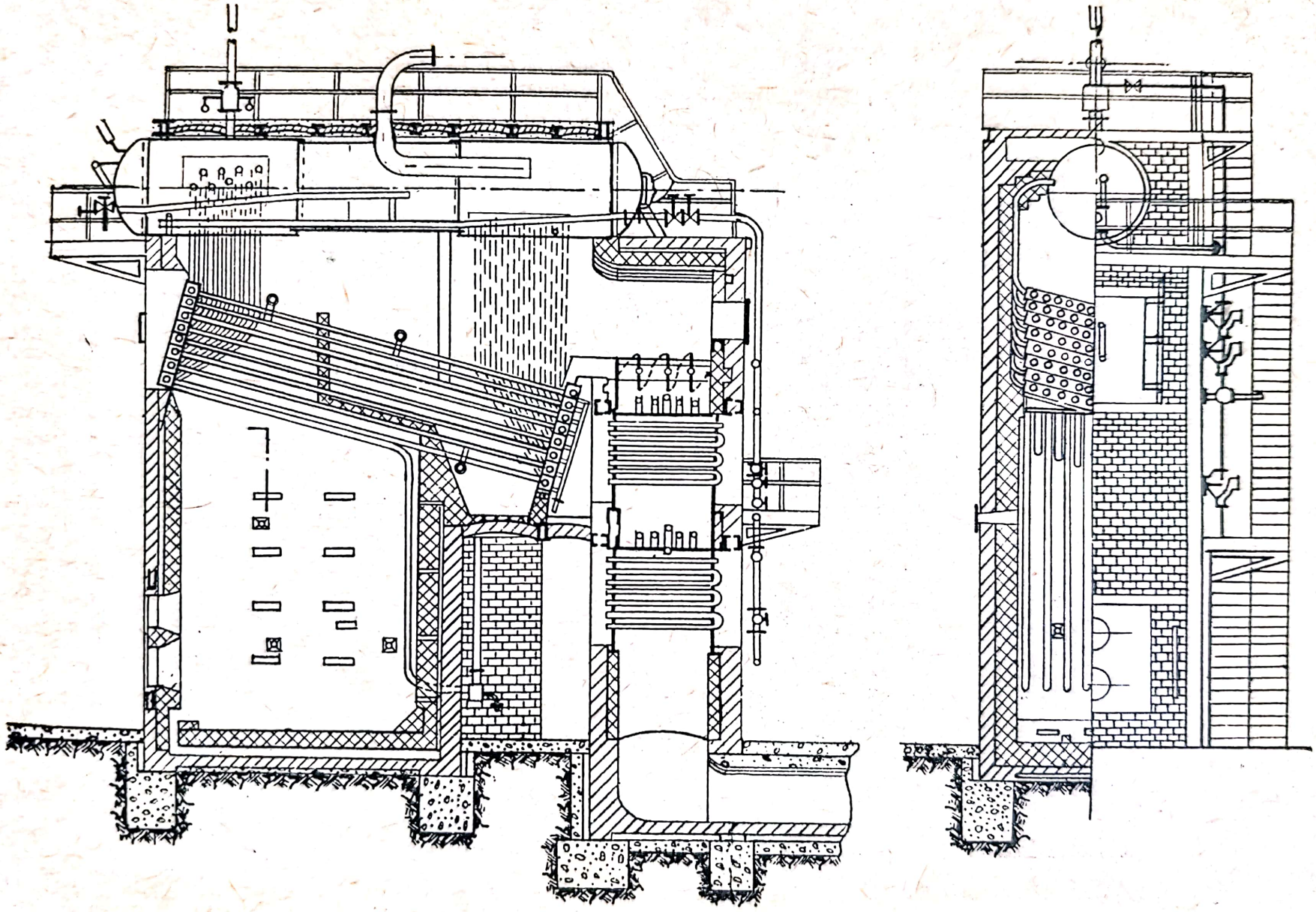


Fig. 6.13. Cazan IPROM de 6,5 tf/h, 16 kgf/cm², 250°C.

Scanned with OKEN Scanner

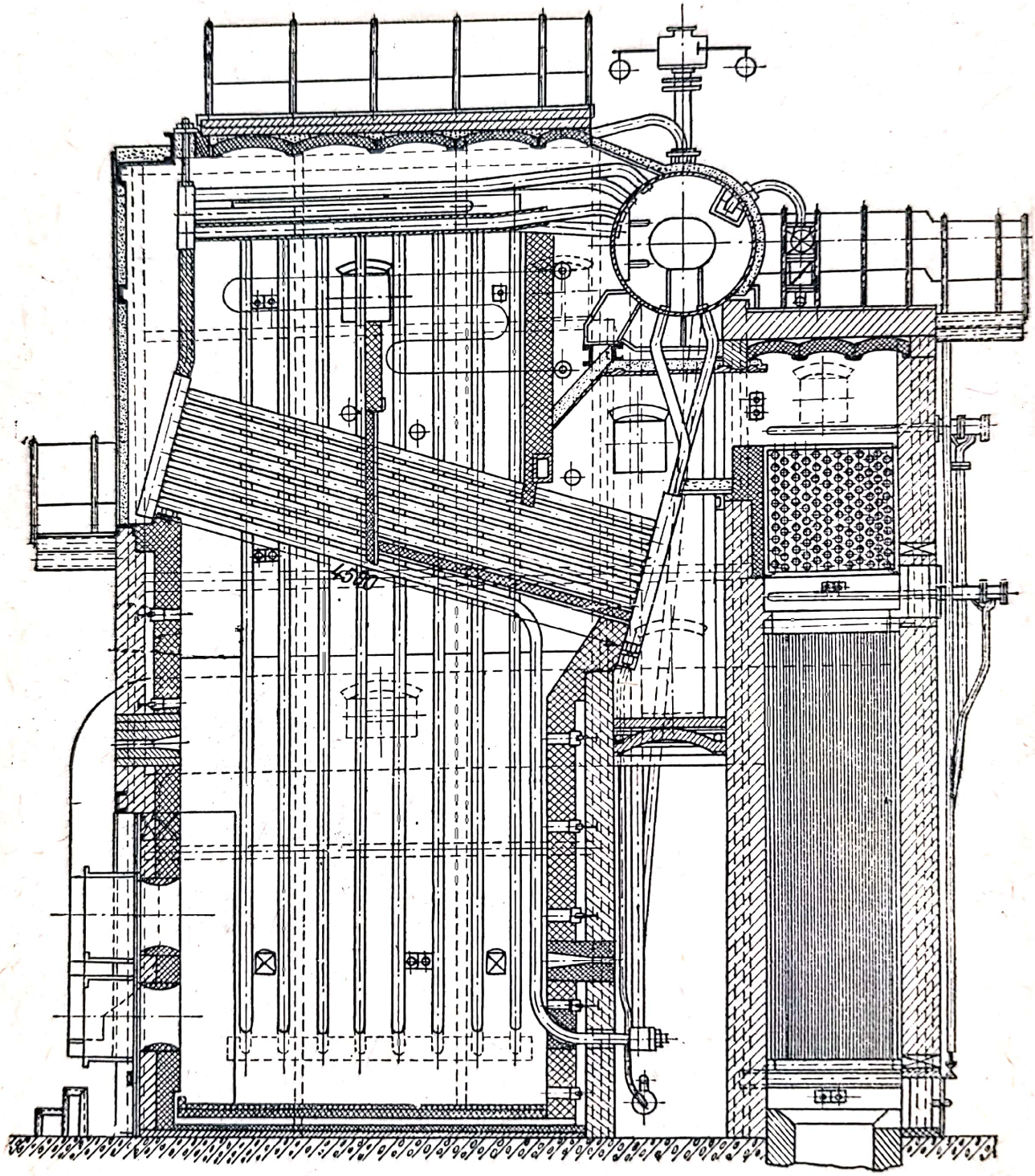


Fig. 6.14. Cazan cu tambur transversal, de 10 tf/h, 8 sau 16 kgf/cm² abur saturat sau supraîncălzit la 250, 300, 350°C.

Scanned with OKEN Scanner

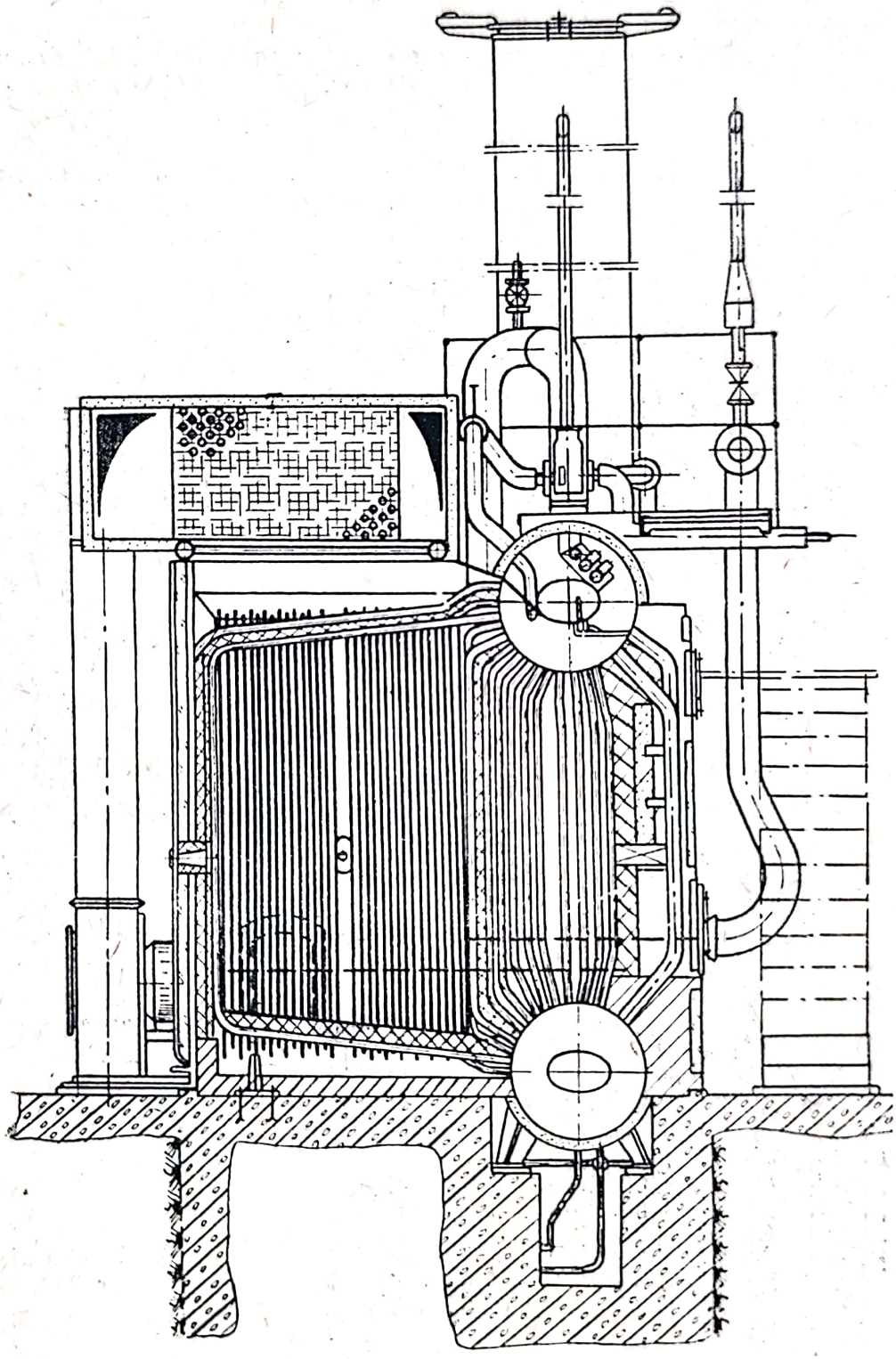


Fig. 6.15. Cazan CR 9, de 10 tf/h, 16 kgf/cm², 350°C.

Scanned with OKEN Scanner

O mare cantitate de apă fierbinte față de debitul nominal al cazanului este recirculată de pompa de circulație *7* între cazanul *8* și tamburul separator *4*. În acesta, aburul se separă din emulsie apă-abur și trece prin regulatorul de presiune *9* spre distribuitorul de abur *26*, de unde este luat de consumator. Apa rămasă în tamburul *4* este recirculată din nou de pompa de circulație.

Cazanul poate funcționa cu condensat sau cu apă tratată, conform prescripțiilor în vigoare referitoare la cazanele cu circulație forțată.

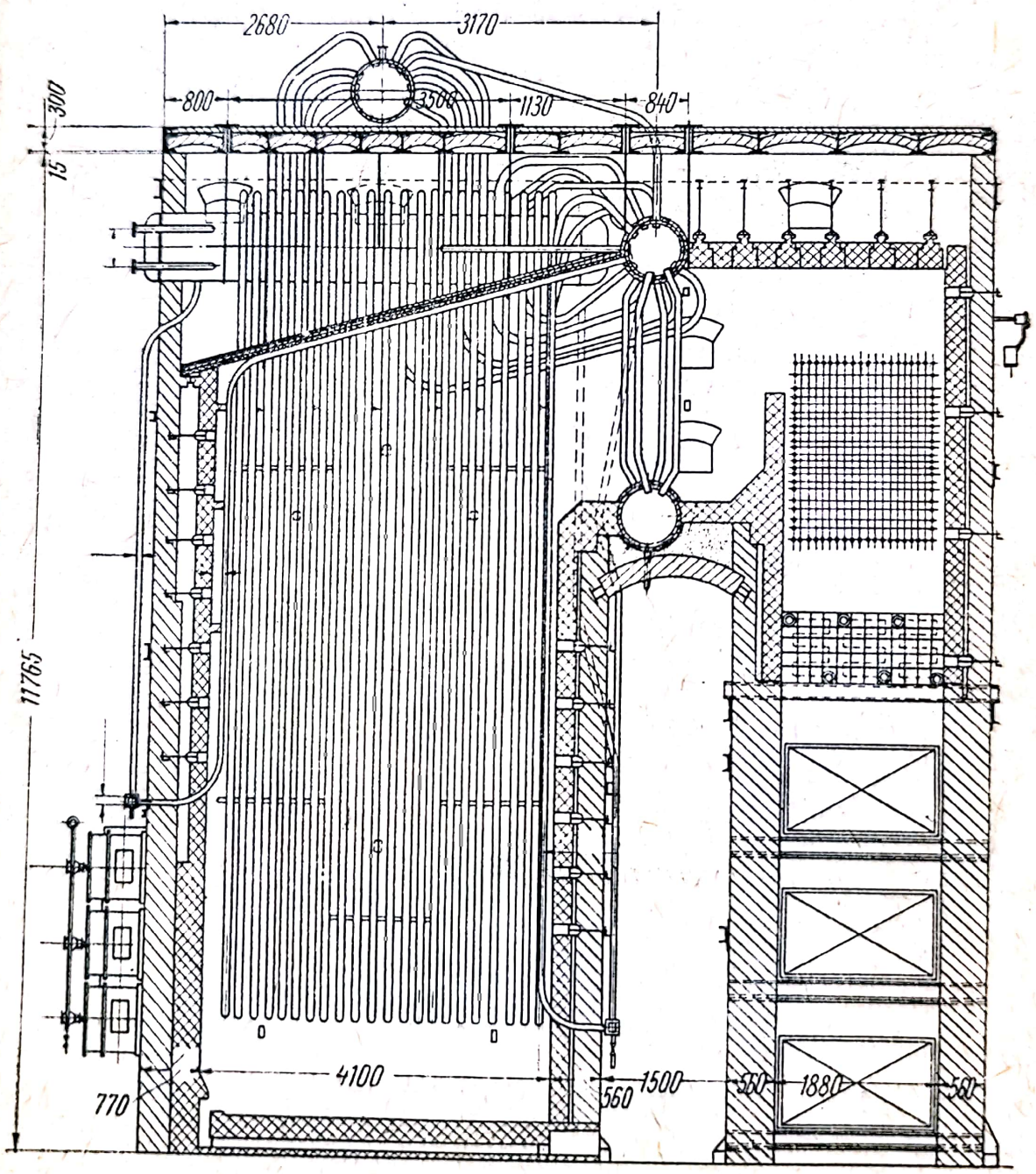


Fig. 6.16. Cazan IPROM de 20 tf/h, 35 kgf/cm², 400°C, cu cinci tambure·

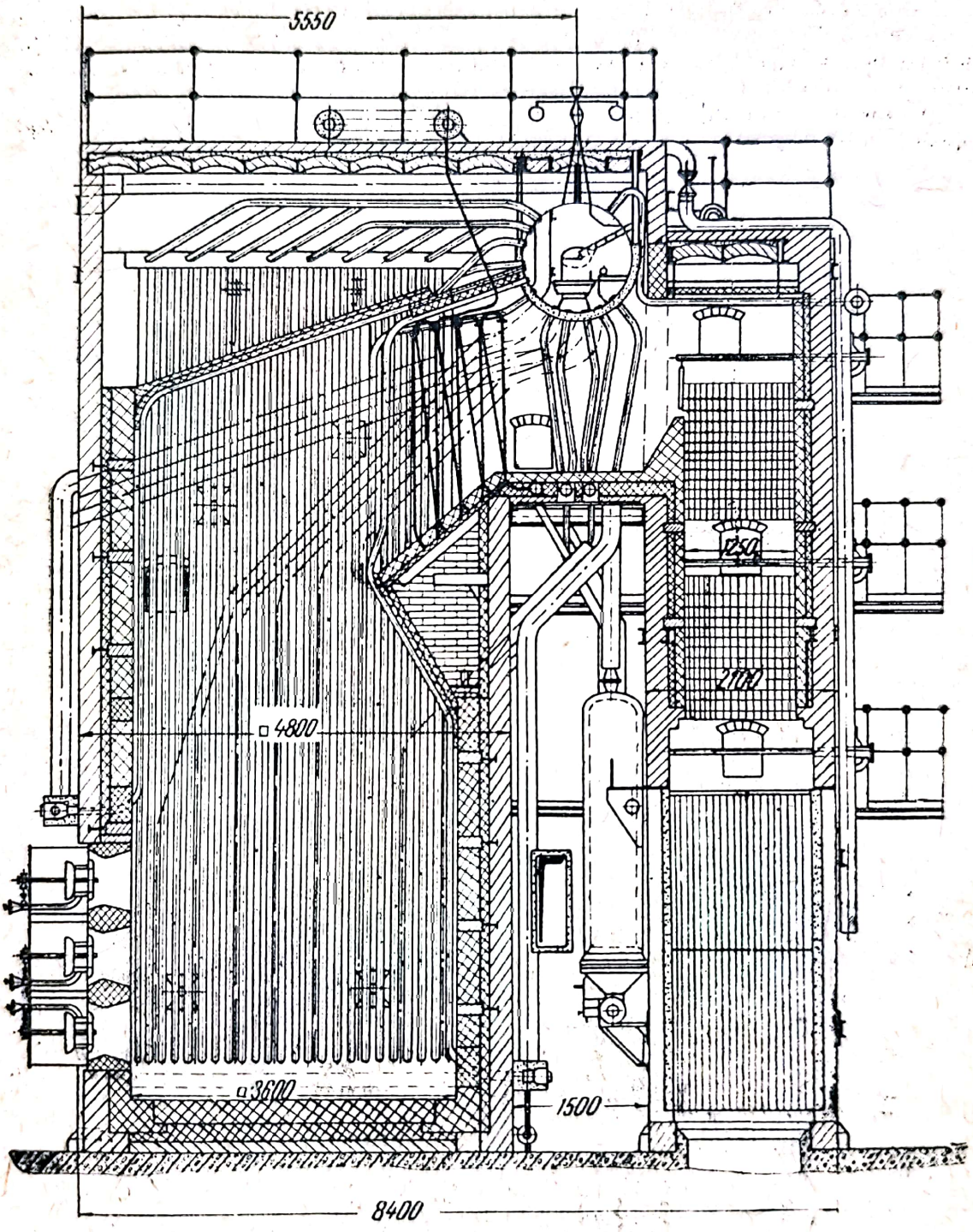


Fig. 6.17. Cazan CR 5 de 20 tf/h, 40 kgf/cm², 450°C.

Din rezervorul de alimentare *2*, cu ajutorul pompei de alimentare *3*, tamburul separator este alimentat cu apă, în raport cu consumul de abur.

Regulatorul automat de nivel *5* menține nivelul normal în tamburul separator. Purjarea se realizează prin ventilul de purjare *27* montat la partea inferioară a tamburului separator.

Scanned with OKEN Scanner

Instalaţia de automatizare şi protecţie permite funcţionarea normală a cazanului, fără supravegherea permanentă a personalului de exploatare, în condiţii de variaţie a sarcinii la consumator, reglînd automat parametrii cazanului şi protejîndu-l împotriva avariilor.

Cazanul şi instalaţiile anexe formează un monobloc cu greutatea de 2 200 respectiv 4 500 kgf.

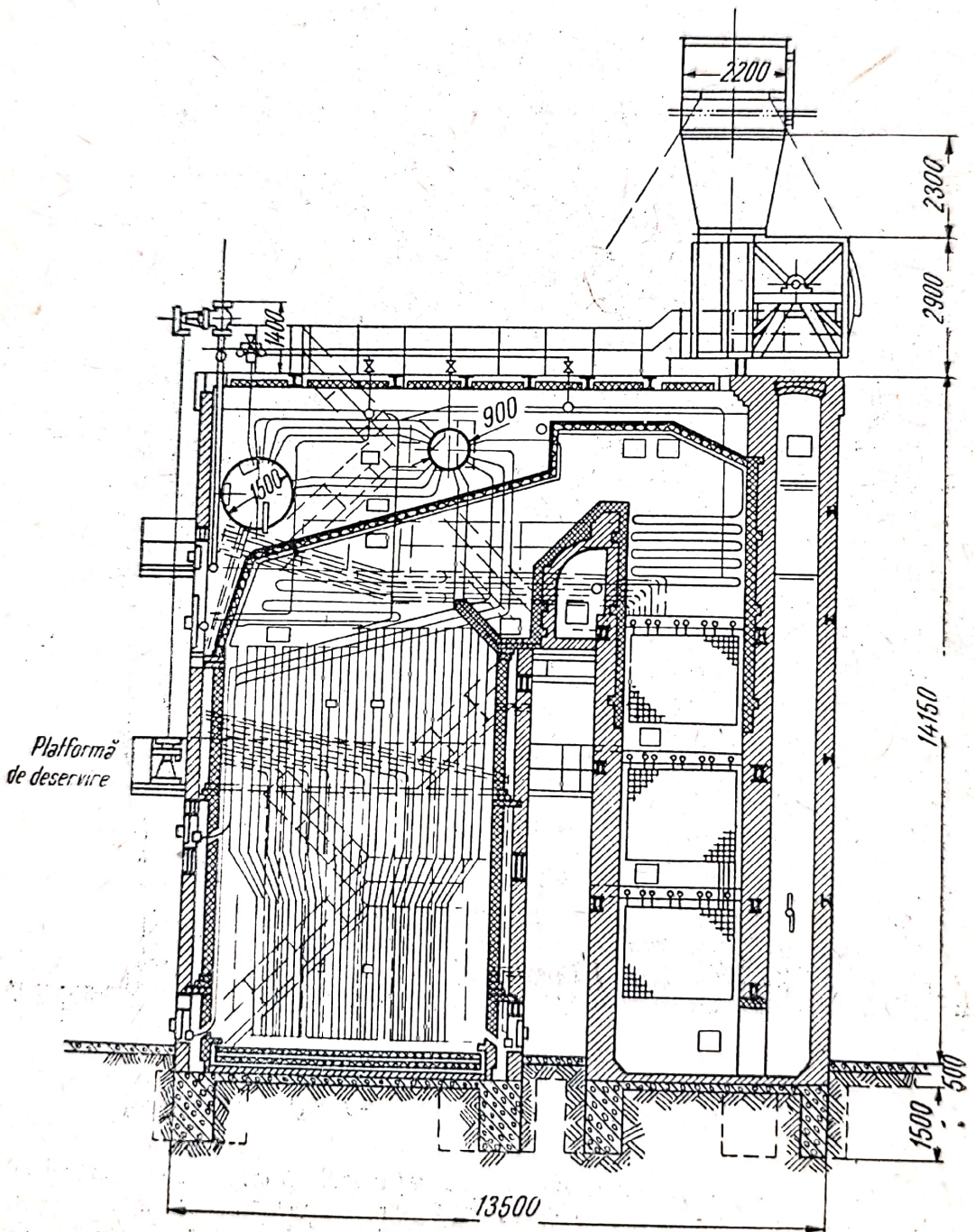


Fig. 6.18. Cazan CR 03, de 50 tf/h, 40 kgf/cm², 450°C, pentru gaze naturale.

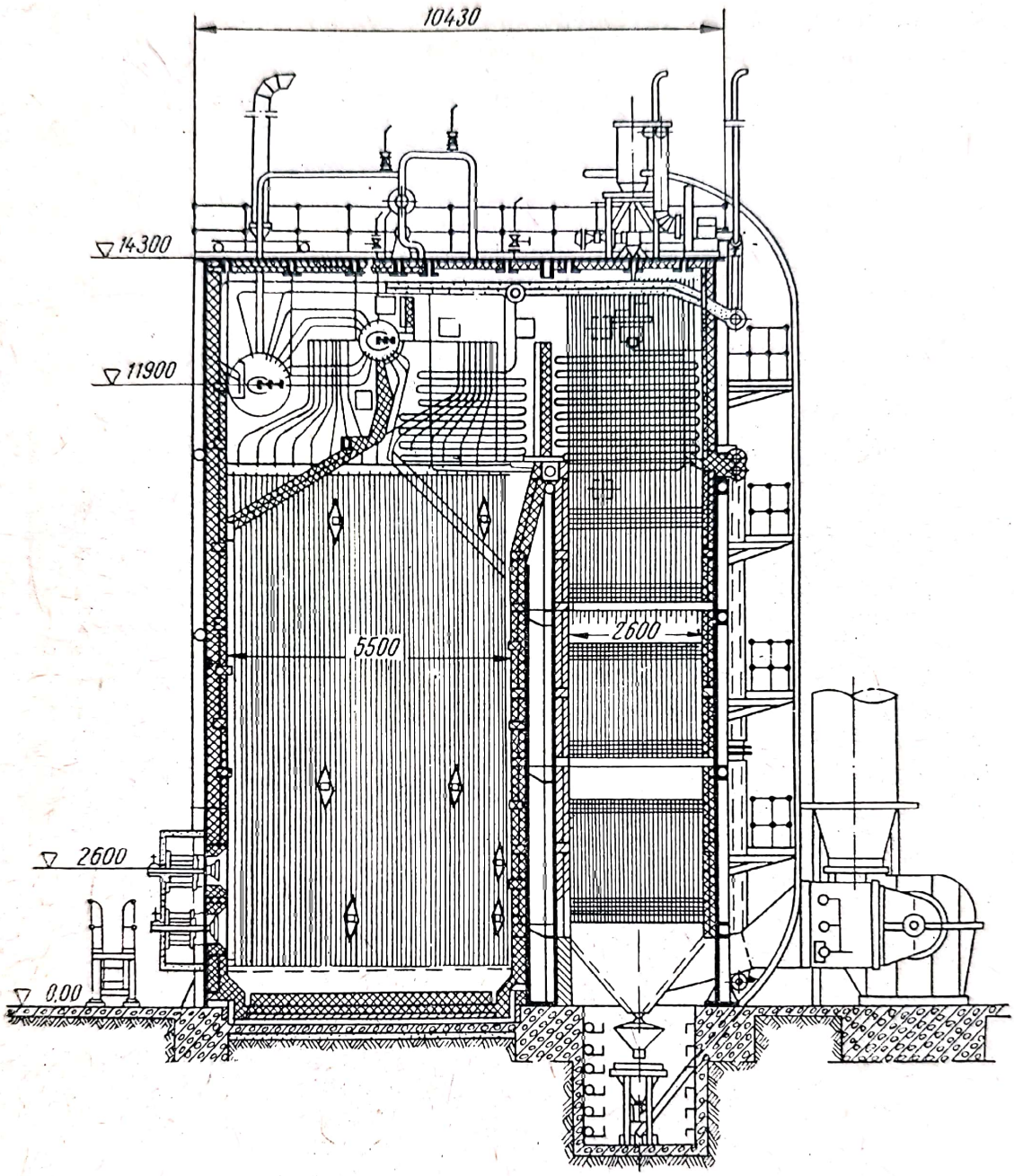


Fig. 6.19. Cazan CR 12, de 50 tf/h, 40 kgf/cm², 450°C, pentru gaze naturale și păcură.

Cazane pentru abur tehnologic și instalații energetice. Pentru abur tehnologic și pentru instalații energetice se folosesc cazanele cu volum mic de apă (v. tabela 6.5).

În tabela 6.15 sînt cuprinse caracteristicile principale ale unor cazane energetice fabricate de industria noastră constructoare de cazane, iar în fig. 6.13—6.19 sînt reprezentate schematic secțiuni prin aceste cazane.

Unele din cazanele din tabela 6.15 sînt fabricate în mai multe variante (v. tabela 6.6) pentru arderea a diferiți combustibili.

6.4. ELEMENTELE INSTALAȚIEI DE CAZAN

Instalația de cazan de abur cuprinde în principal următoarele elemente:
— suprafețele de schimb de căldură;
— instalația de preparare și de alimentare cu apă;
— instalația de preparare și de alimentare cu combustibil;
— instalația de ardere a combustibilului;
— instalația de tiraj natural sau artificial;
— instalația pentru captarea și evacuarea cenușii și a zgurei;
— conductele și armăturile;
— aparatele de măsurat, control și siguranță;
— instalația de funcționare automată;
— construcția metalică de susținere;
— înzidirea și izolarea termică.

După tipul și mărimea instalațiilor de cazan, unele dintre aceste elemente pot lipsi.

În tabela 6.16 sînt cuprinse elementele din care se compune în general, o instalație de cazan de abur.

Tabela 6.16. **Elementele componente ale cazanelor de abur**

Subansamblul	Organele componente	
Suprafețele de schimb de căldură	Suprafețele de vaporizare	1. Tambur 2. Tub de flacără 3. Țevi de fum 4. Țevi fierbătoare 5. Țevi ecran
	Suprafele auxiliare de încălzire	1. Preîncălzitor de aer 2. Preîncălzitor de apă (economizor) 3. Supraîncălzitor de abur
Instalația de preparare și de alimentare cu apă	Instalația de preparare a apei	1. Preîncălzitor de amestec 2. Preîncălzitor prin suprafață 3. Instalația de tratare a apei brute 4. Degazor 5. Instalație de fosfatare 6. Filtre 7. Aparate de măsurat (salinometre etc.).
	Instalația de alimentare cu apă	1. Rezervor 2. Injector cu abur 3. Pompă manuală 4. Pompe cu piston 5. Pompe centrifuge 6. Conducte, armături, aparate de măsurat

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.16 (continuare)

Subansamblul	Organele componente
Instalația de preparare și de alimentare cu combustibil	Depozitul de combustibil
	Dispozitive de transport și de alimentare cu combustibil 1. Screpere 2. Benzi rulante 3. Vagonete 4. Ascensoare etc. 5. Pompe
	Dispozitive de preparare a combustibilului *Cărbune pulverizat* 1. Concasoare 2. Mori de cărbune 3. Separatoare 4. Cicloane 5. Ventilatoare de aer, gaze calde *Combustibil lichid* 1. Preîncălzitoare 2. Filtre *Combustibil gazos* 1. Filtre 2. Reductoare de presiune 3. Parfumatoare 4. Dispozitive de siguranță
Instalația de ardere a combustibilului	1. Focare 2. Arzătoare și injectoare
Instalația de tiraj	1. Coș 2. Ventilatoare de aer 3. Exhaustoare 4. Canale de aer, canale de gaze de ardere
Instalația pentru captarea și evacuarea cenușii și a zgurei	1. Buncăre de cenușă 2. Dispozitive de evacuare a zgurei în stare solidă (manual, hidraulic, pneumatic) 3. Dispozitive de evacuare a zgurei în stare fluidă 4. Dispozitive de captare a cenușii zburătoare (cicloane, multicicloane, electrofiltre etc.).
Instalație de funcționare automată	
Construcția metalică de susținere	
Înzidirea și izolarea termică	
Conducte	1. Conducte de apă 2. Conducte de abur 3. Conducte de combustibil 4. Conducte (canale) de aer 5. Conducte de ulei

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 6.16 (continuare)

Subansamblul	Organele componente	
Armături	1. Armături de închidere	1. Robinete cu ventil 2. Robinete cu vană 3. Robinete cu cep 4. Clape
	2. Armături de siguranță	1. Placă de timbru 2. Placă indicatoare de nivel minim 3. Indicatoare de nivel 4. Supape de siguranță
	3. Armături de reglare	
Aparate de măsurat, control și siguranță	1. Aparate pentru măsurat temperaturile 2. Aparate pentru măsurat presiunile 3. Aparate pentru măsurat debitele 4. Aparate analizoare de gaze 5. Aparate pentru măsurat concentrația de săruri.	

Modul de dispunere a elementelor componente se poate vedea în fig. 6.20, în care este reprezentată o secțiune printr-un cazan modern de radiație.

Suprafețele de schimb de căldură servesc la transmiterea unei părți din cantitatea de căldură obținută în focar prin arderea combustibililor, apei, aburului și aerului de ardere.

Dispozitivele de alimentare cu apă. Numărul și mărimea dispozitivelor de alimentare cu apă necesare unui cazan de abur sînt reglementate prin instrucțiunile oficiale [1]).

În cazul instalațiilor importante, apa pentru alimentarea cazanelor trebuie să fie supusă unor procese care să-i asigure caracteristicile fizico-chimice prescrise (v. tabelele 8.3—8.5), cunoscute sub numele general de prepararea sau tratarea apei. Aceste procese sînt următoarele:

— epurarea în scopul eliminării sărurilor care determină duritatea, pentru a se evita depunerile în sistemul fierbător;

— degazarea, în scopul eliminării gazelor aflate în apă (oxigen și bioxid de carbon), care prezintă pericolul de corodare a instalațiilor;

— preîncălzirea, în scopul ridicării temperaturii la valoarea prescrisă la intrarea în cazan, pentru a se mări randamentul cazanului și a se evita dilatările și contractările periculoase în sistemul fierbător;

— alcalinizarea, în scopul asigurării unei alcalinități de protecție împotriva coroziunii (prin adaos de hidroxid de sodiu, fosfat trisodic, prin ionii de hidrogen etc.).

În cap. 8 se tratează problemele în legătură cu prepararea apei, iar în cap. 9 și 11 utilajele folosite în instalațiile de preparare și de alimentare cu apă (schimbătoare de căldură, pompe etc.).

---

[1]) Instrucțiuni pentru construirea, repararea, montarea, exploatarea și controlul cazanelor de abur, CI-58 emise de Inspectoratul de stat pentru cazane și instalații de ridicat din Direcția Generală de Metrologie, Standarde și Invenții de pe lîngă Consiliul de Miniștri.

Scanned with OKEN Scanner

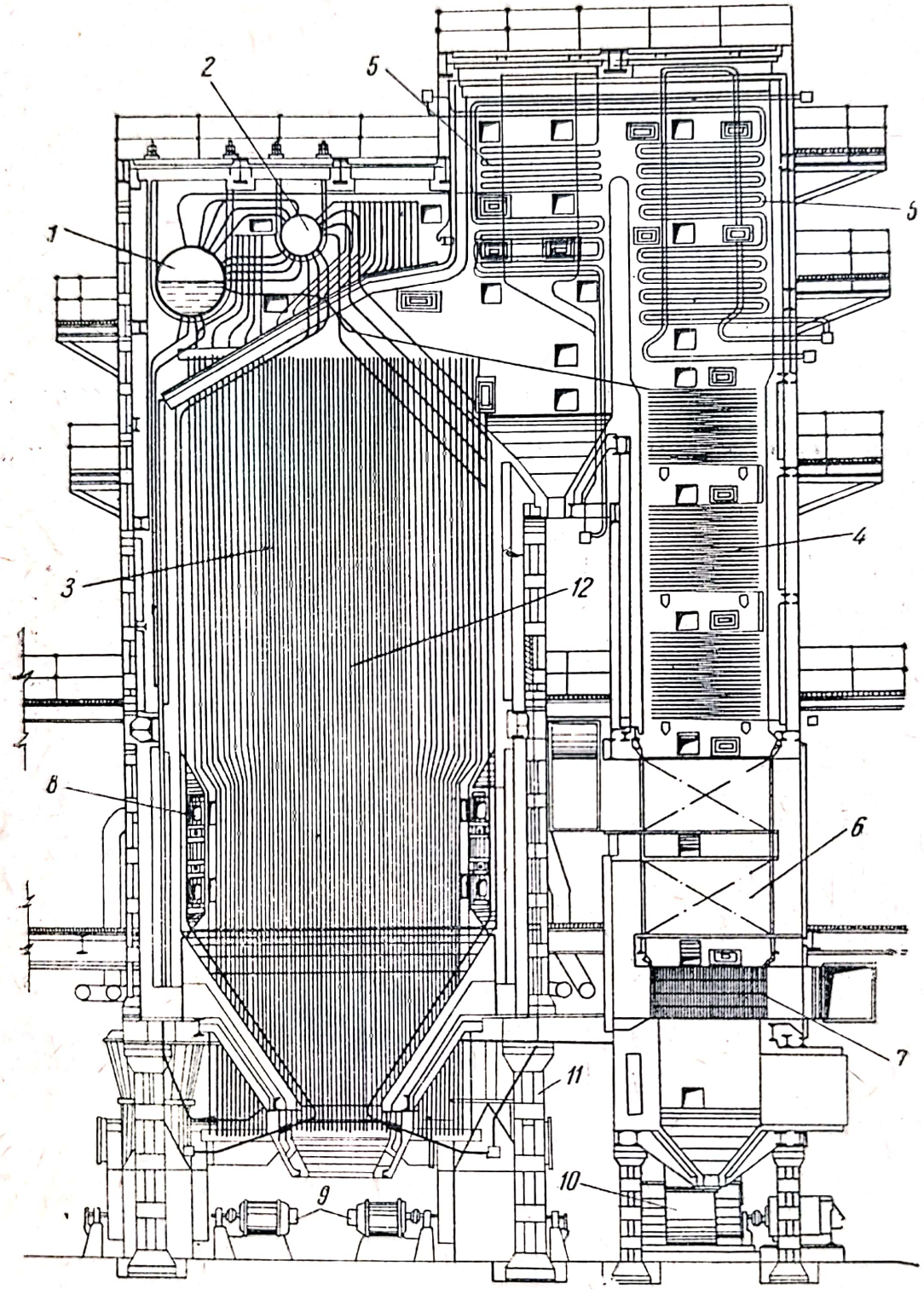


Fig. 6.20. Elementele unui cazan de abur:

1 — tambur; *2* — tambur separator; *3* — ţevi ecran; *4* — economizor; *5* — supraîncălzitor; *6* — preîncălzitor de aer; *7* — separator de cenuşă; *8* — arzătoare; *9* — ventilator de aer; *10* — exhaustor; *11* — construcţia metalică de susţinere; *12* — focar.

Scanned with OKEN Scanner

Utilajele cu caracter general, care se întîlnesc nu numai la instalațiile de cazane, sînt studiate în diversele capitole ale acestei lucrări. Astfel:

— instalațiile de preparare, alimentare și ardere a combustibililor, instalațiile de tiraj, instalațiile pentru evacuarea cenușii și zgurei, în cap. 4;

— aparatele de măsurat, control și siguranță și instalația de funcționare automată, în cap. 13 și 14.

Focarele cazanelor de abur. Spațiul în care este ars combustibilul, pentru a elibera căldura necesară funcționării cazanului de abur se numește focar.

În general, focarul este o cameră ai cărui pereți sînt executați din material refractar sau, uneori, din suprafețe metalice răcite cu apă (cazanele cu tub de flacără, cazanele combinate). După poziția față de cazan se deosebesc: focare interioare, focare anterioare (antefocare) și focare inferioare.

Ținîndu-se seamă și de alte criterii, diferitele tipuri de focare utilizate în construcția cazanelor de abur pot fi clasificate ca în tabela 6.17.

Pentru arderea combustibililor se folosesc diferite tipuri de arzătoare și injectoare (v. cap. 4), amplasate la focar în diverse moduri (fig. 6.21).

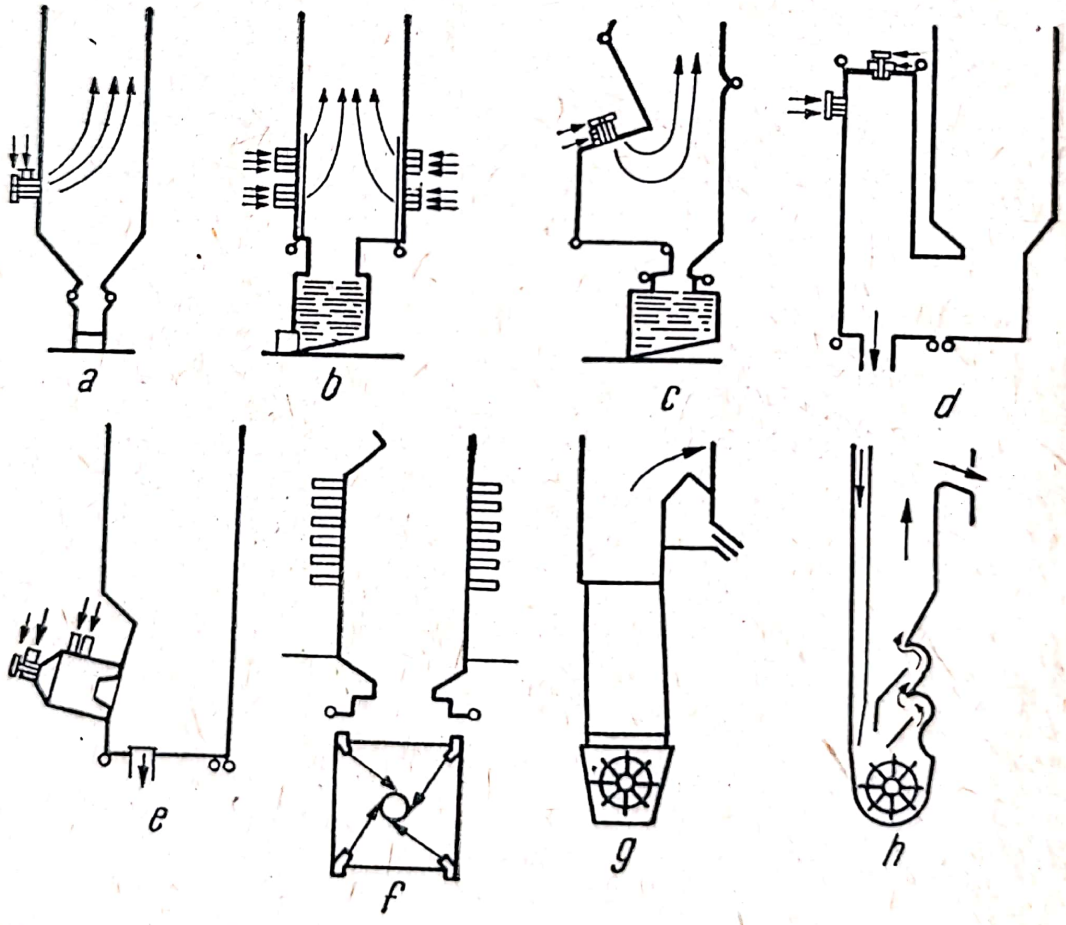


Fig. 6.21. Amplasarea arzătoarelor la focare:

a — pe peretele frontal al focarului; *b* — pe pereții laterali; *c* — pe plafon; *d* — pe plafonul unui focar-ciclon vertical; *e* — pe plafonul unui focar-ciclon orizontal; *f* — la colțurile focarului; *g*—*h* — focare cu introducerea directă a combustibilului din moara cu pui.

Tabela 6.17. Clasificarea focarelor cazanelor de abur

Poziția față de cazan	Starea combustibilului care se arde	Modul de deservire	Construcția	Presiunea din camera de ardere	Poziția arzătoarelor	Modul de evacuare a zgurei
1	2	3	4	5	6	7
focare:	focare pentru:	focare cu:	focare cu:			
1. interioare	1. combustibil solid	1. alimentare manuală	1. grătar	1. presiunea atmosferică	1. în bolta focarului	1. zgură în stare solidă
2. anterioare	a. cu ardere în strat	2. alimentare semimecanizată	2. arzătoare	2. suprapresiune	2. pe pereții laterali	a. manual
3. inferioare	b. cu ardere în suspensie	3. alimentare mecanizată	3. combinate cu grătar și cu arzătoare		3. în colțuri	b. hidraulic
	2. combustibil lichid				4. combinată	c. pneumatic
	3. combustibil gazos					2. zgură în stare lichidă (topită)

Scanned with OKEN Scanner

Armătura cazanului de abur. În conformitate cu Instrucțiunile C 1-58 ale Inspectoratului de Cazane și instalații de ridicat, fiecare cazan de abur trebuie să fie prevăzut cu:

— placă de timbru, fixată pe corpul cazanului și executată conform STAS 3128-52;

— placa indicatoare de nivel minim, fixată pe cazan între indicatoarele de nivel, pentru a indica nivelul de apă din cazan sub care apa nu trebuie să scadă în timpul funcționării acestuia;

— cel puțin două supape de siguranță independente, cu pîrghie și contragreutate care se vor deschide la presiunile date în tabela 6.11.;

— un cap de alimentare cu apă, compus dintr-un robinet de închidere și un robinet de reținere;

— ventil automat de alimentare cu apă pentru menținerea nivelului constant;

— cel puțin un robinet de purjare;

— un robinet de aerisire;

— ventile la orice priză de abur;

— robinet de închidere pe conducta de abur;

— clape de aer și clape de fum;

— clapete de explozie;

— ferestre de privire și control;

— uși de vizitare;

— conducte de apă, abur, aer, combustibil.

Construcția și modul de lucru al acestor armături sînt studiate în cap. 11. În fig. 6.22 sînt reprezentate schematic aceste armături.

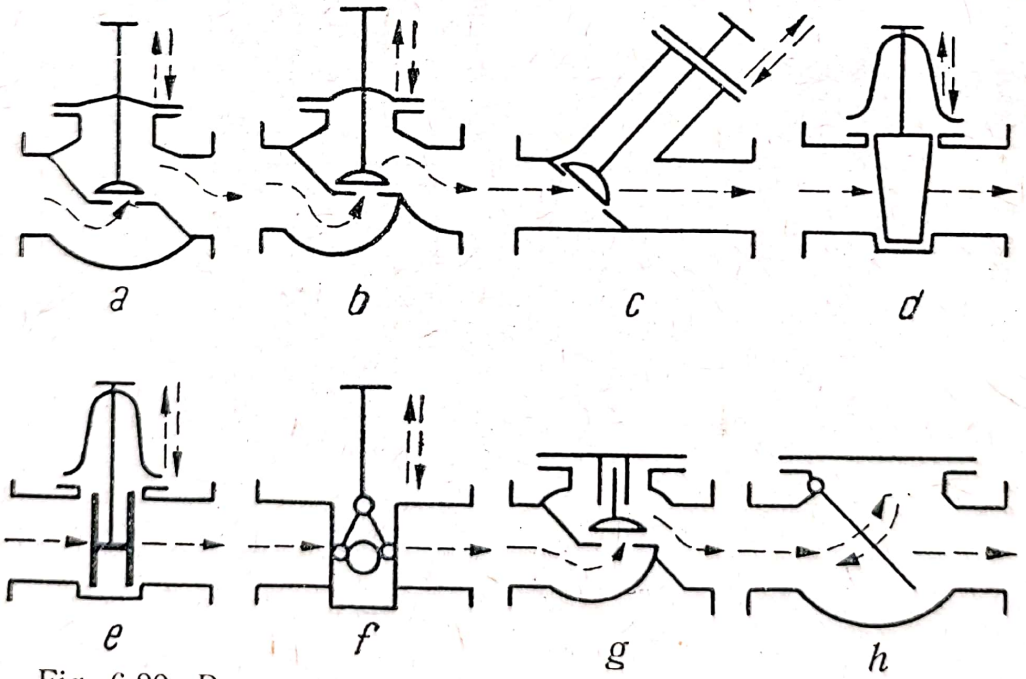


Fig. 6.22. Reprezentarea schematică a armăturilor cazanului:

a — robinet cu ventil normal; *b* — robinet cu ventil cu trecere îmbunătățită; *c* — robinet cu ventil cu tijă înclinată; *d* — robinet (vană) cu sertar pană; *e* — robinet (vană) cu sertar paralel; *f* — robinet (vană) cu sertare cu închidere prin presare; *g* — clapetă de reținere cu ventil; *h* — clapetă de reținere cu valvă;

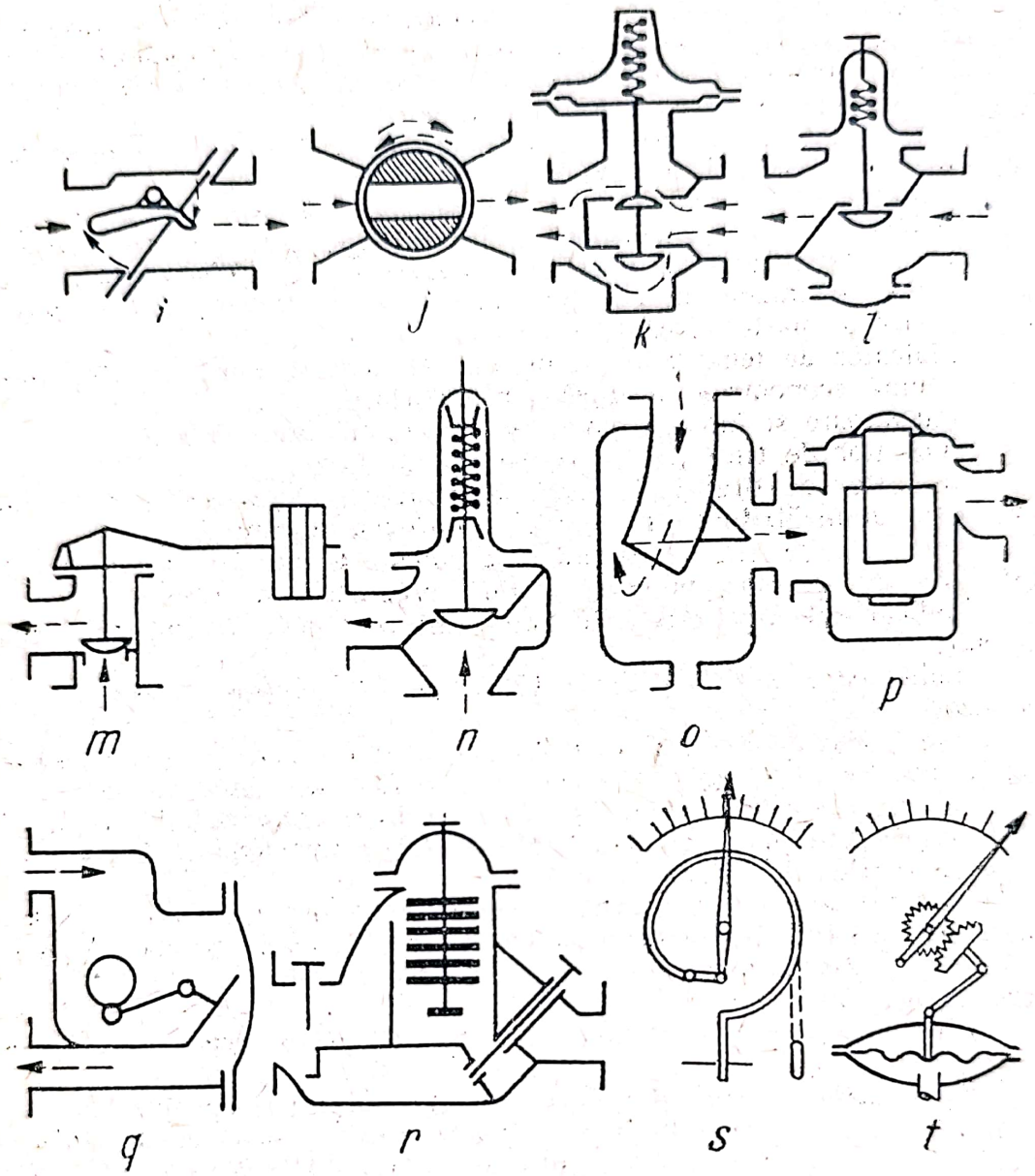


Fig. 6.22. Reprezentarea schematică a armăturilor cazanului :

i—clapetă fluture; *j*—robinet cu cep; *k*—ventil de reglare cu membrană; *l*—ventil de reglare cu arc; *m* — supapă de siguranță cu contragreutate; *n* — supapă de siguranță cu arc; *o* — separator de apă ; *p* — oală de condensat; cu plutitor deschis; *q* — oală de condensat cu plutitor închis; *r* — oală de condensat cu labirinți; *s* — manometru cu tub elastic Bourdon; *t* — manometru cu membrană

Aparatele de măsurat, control și siguranță. Pentru controlul și reglarea funcționării cazanului, acesta trebuie să fie prevăzut cu următoarele aparate:

— cel puțin două indicatoare de nivel cu sticlă, montate pe tambur;

— un manometru în legătură cu spațiul de abur al cazanului; la cazanele cu un debit mai mare decît 4 tf/h, prevăzute cu supraîncălzitor, trebuie montat un manometru și pe conducta care iese din supraîncălzitor; aceste manometre trebuie să fie prevăzute cu robinete cu trei căi pentru purjare și verificare;

— un manometru care să indice presiunea apei la intrarea în economizor;
— un manometru la ieşirea din economizorul de tip decuplabil;
— un manometru pentru măsurarea presiunii combustibilului lichid sau gazos, la cazanele care ard astfel de combustibil;
— indicatoare de temperatură a aburului pentru aburul supraîncălzit, după robinetul principal de abur;
— indicatoare de temperatură pentru combustibilul lichid sau gazos;
— indicatoare de temperatură la distanţă pe tablou şi termometre cu mercur pentru temperaturile: apei în conductele generale de alimentare, apei la ieşirea din economizor (de tip decuplabil), aerului înainte şi după preîncălzitorul de aer pe partea dreaptă şi stîngă;
— indicator de temperatură a gazelor de ardere, după supraîncălzitorul de abur, după economizor şi după preîncălzitorul de aer;
— indicatoare şi înregistratoare de consum de abur şi apă;
— indicator de tiraj pentru depresiune în focar;
— indicator de tiraj care indică depresiunea: după cazan, după economizor, după preîncălzitorul de aer, înaintea exhaustorului;
— indicator de tiraj care indică presiunea aerului primar şi secundar înaintea fiecărui arzător, în cazul arderii cărbunelui pulverizat;
— indicator de tiraj care indică presiunea aerului în fiecare zonă a grătarului lanţ;
— indicatoare de CO_2 şi $CO + H_2$ în gazele de ardere, înainte sau după economizor;
— conţinutul de săruri al aburului saturat şi supraîncălzit pentru cazanele cu o presiune peste 30 kgf/cm² şi de 50 tf/h sau mai mult;
— aparate care să măsoare şi să înregistreze consumul de combustibil;
— ampermetre pentru motoarele electrice ale ventilatoarelor de aer, exhaustoarelor şi morilor de cărbune.

În funcţie de tipul de cazan şi parametrii acestuia, unele din aceste aparate pot lipsi (v. „Instrucţiuni pentru dotarea cazanelor de abur cu aparate de măsură“ E 8-60, emise de Inspecţia Energetică din Ministerul Minelor şi Energiei Electrice).

Construcţia şi principiul de funcţionare al acestor aparate sînt descrise în cap. 13.

Zidăria cazanului are rolul să asigure etanşeitatea şi izolarea lui. Stratul interior al zidăriei se execută în zona temperaturilor înalte (peste 600°C) din cărămidă refractară (şamotă) de calitatea corespunzătoare temperaturii din zona respectivă (tabela 6.18).

Tabela 6.18. **Domeniul de utilizare al produselor refractare de şamotă**

Temperatura gazelor de ardere în focarul cazanelor, °C, cu:		Refractaritatea minimă C. P.	
		În focar	În restul zidăriei
pînă la 1000	focar neecranat	171	169
	focar ecranat	169	167
1000—1300	focar neecranat	173	171
	focar ecranat	171	169
1300—1450	focar neecranat	175	171
	focar ecranat	173	171

Scanned with OKEN Scanner

Stratul exterior de zidărie se execută din cărămizi obișnuite de argilă, cu mortar de var.

Izolarea termică a cazanului. Părțile metalice ale cazanelor rămase în afara zidăriei, cum și pereții metalici ai cazanelor fără zidărie, conductele și armăturile se izolează cu materiale termoizolante, pentru a se evita pierderile de căldură și ridicarea temperaturii din sala cazanelor la valori dăunătoare sănătății personalului de deservire.

Materialele izolante folosite în acest scop sînt: vata de sticlă, diatomitul, vata de zgură etc. (v. cap. 15). Cazanele de abur lipsite de zidărie se izolează la exterior și se acoperă cu o tablă de oțel protectoare.

Temperatura suprafețelor exterioare ale cazanelor nu trebuie să depășească limita de 70°C la o temperatură de 25°C a aerului înconjurător (normal 40—50°C).

6.5. EXPLOATAREA CAZANELOR DE ABUR

6.5.1. Punerea în funcțiune a cazanelor de abur

Dispoziția de pregătire și punere în funcțiune a cazanului se formulează în scris, în registrul jurnal al sălii cazanelor, de către responsabilul acesteia, iar fochistul șef de tură semnează de luare la cunoștință.

Primul urmărește de aproape, iar cel de al doilea conduce și ia parte efectivă la pregătirea și la punerea în funcțiune.

Înainte de punerea în funcțiune, fochistul șef de tură trebuie să execute un control general al cazanului și să se convingă că este în bună stare.

Dacă la controlul general starea cazanului a fost găsită bună și dacă locurile de muncă sînt curate și eliberate de schelele și sculele care au fost necesare pentru reparația sau revizia cazanului, cu aprobarea responsabilului sălii de cazane, se trece la umplerea cu apă a cazanului.

În timpul umplerii cu apă se verifică etanșeitatea armăturilor și în deosebi a armăturii de golire și de purjare, a flanșelor și a gurilor de vizitare și de curățire. În cazul apariției unor scurgeri, trebuie strînse puțin șuruburile, iar dacă scurgerea nu poate fi oprită astfel, se întrerupe alimentarea și se controlează garniturile.

Se pun în funcțiune celelalte instalații ale cazanului: instalațiile de ardere, ventilatoarele, exhaustoarele, pompele, instalația de tratare a apei etc.

Pentru prevenirea exploziilor de gaze în focar, înainte de aprinderea focului se ventilează focarul și canalele de gaze, timp de 10 min; la cazanele prevăzute cu tiraj artificial se pornesc ventilatoarele de aer și exhaustoarele. Clapele de tiraj se deschid complet.

Aprinderea focului diferă după natura instalației de ardere și după felul combustibilului și se execută în conformitate cu instrucțiunile tehnice interne.

În toate cazurile, indiferent de natura combustibilului, la aprinderea focului și în timpul încălzirii cazanului se respectă următoarele reguli:

— dacă după aprindere flacăra se stinge și nu s-a observat imediat, se închide robinetul de combustibil, se repetă ventilarea cazanului timp de 10 min, după care se reia operația de aprindere. Este interzisă aprinderea unui arzător sau injector de la un altul alăturat sau de la zidăria incandescentă;

— aprinderea focului și încălzirea cazanului se fac încet încărcîndu-se focarul ușor, tirajul fiind relativ redus, în scopul unei încălziri uniforme a supra-

feţelor de încălzire cum şi a zidăriei şi pentru ca dilatarea lor să fie uniformă şi progresivă, evitîndu-se dilatările forţate, deosebit de periculoase în funcţionarea cazanului;

— aprinderea focului la cazanele mici se face numai cu tirajul natural;

— durata încălzirii şi a punerii în funcţiune a cazanului din starea rece pînă la conectarea la conducta principală, se stabileşte în raport cu tipul cazanului şi cu temperatura apei de umplere;

— la flanşele şi la capacele pentru gurile de vizitare, care au fost demontate, se vor strînge şuruburile cu chei normale, fără prelungitor, atunci cînd presiunea atinge 3 kgf/cm², în prezenţa responsabilului sălii de cazane; strîngerea la o presiune mai mare este interzisă; lungimea cheii nu va depăşi de şase ori deschiderea ei;

— se încălzeşte conducta de legătură dintre cazan şi conducta principală, aflată sub presiune.

Atunci cînd presiunea aburului în cazan a atins valoarea de regim, se controlează încă o dată buna funcţionare a supapelor de siguranţă şi se anunţă consumatorilor de abur legarea cazanului la conducta principală.

6.5.2. Funcţionarea cazanelor

Deservirea cazanului în timpul funcţionării trebuie făcută în conformitate cu instrucţiunile interne, care ţin seamă de caracteristicile şi starea instalaţiilor, de datele de fabricaţie comunicate de către uzinele constructoare, de instrucţiunile DGMSI, de instrucţiunile şi dispoziţiile ministerului tutelar, de Normele de Tehnica Securităţii Muncii etc.

În timpul funcţionării cazanului personalul de exploatare trebuie să execute următoarele operaţii:

— reglarea arderii;

— reglarea alimentării cu apă;

— reglarea temperaturii aburului supraîncălzit.

Reglarea arderii se face în mod diferit după felul combustibilului care se arde. În toate cazurile însă trebuie să se urmărească în mod sistematic realizarea unei arderi complete, cu ajutorul aparatelor de măsurat termotehnice. Orientativ, arderea poate fi reglată după aspectul flacării şi după culoarea fumului la coş (la cazanele mici). Flacăra trebuie să fie semitransparentă, galbenă de culoarea paiului; capătul flacării să fie curat, fără limbi de fum, şi trebuie să cuprindă în mod uniform întregul spaţiu al focarului, fără să atingă însă ţevile de ecran. Fumul care iese pe coş nu trebuie să fie negru sau colorat, ci străveziu. Fumul colorat ne indică o ardere imperfectă.

Reglarea alimentării cu apă a cazanului trebuie să se facă în mod cît mai uniform, fără întreruperi şi proporţional cu sarcina cazanului. Pentru aceasta va fi menţinut în funcţiune numai numărul necesar de dispozitive de alimentare în vederea economiei de energie electrică şi spre a evita uzura inutilă a utilajului.

Nivelul apei trebuie păstrat între limitele fixate pe indicator; variaţiile nivelului de apă să fie cît mai mici, recomandabil 20 mm.

La intrarea în economizor, apa de alimentare nu trebuie să aibă o temperatură mai mică decît 40°C, pentru a se evita condensarea pe ţevi a vaporilor din gazele de ardere, ceea ce ar conduce la corodarea ţevilor.

Pompele de alimentare de rezervă trebuie să fie permanent în stare de a fi puse în funcţiune. Pentru turbopompe, aburul trebuie să fie admis pînă la robinetul de pornire, iar turbina încălzită şi bine drenată.

Scanned with OKEN Scanner

Încercarea pompelor de alimentare de rezervă, la debitul maxim posibil, trebuie efectuată o dată la 15 zile.

Electropompele și turbopompele de alimentare nu trebuie să funcționeze continuu ci trebuie să funcționeze alternativ, astfel încît rămînerea în rezervă a fiecăreia dintre ele să nu fie mai mare de 15 zile.

Se va verifica conform instrucțiunilor interne, dar cel puțin o dată în timpul unui schimb de lucru de 8 h, buna funcționare a fiecărui dispozitiv de alimentare, pentru a fi în permanență pregătit în vederea alimentării cu apă a cazanelor.

Reglarea temperaturii de supraîncălzire se face urmărindu-se permanent și menținîndu-se temperatura de supraîncălzire între limitele stabilite prin instrucțiunile interne, indiferent de sarcina (debitul) cazanului.

Supravegherea cazanului în timpul funcționării. În timpul funcționării, cazanul trebuie ținut în permanență sub observație, verificînd funcționarea normală a tuturor instalațiilor și sesizîndu-se orice început de funcționare anormală. Defectele care apar în instalații au o fază incipientă, în care efectele nu stînjenesc prea mult; dacă se intervine prompt, acestea pot fi anulate de la început fără a se ajunge la deranjamente sau avarii.

Controlul armăturilor de siguranță trebuie efectuat spre a se avea siguranța că indicațiile lor sînt corecte și funcționarea lor este normală.

Indicatoarele de nivel se vor controla la intervalele prevăzute în instrucțiunile tehnice interne, însă cel puțin o dată în fiecare schimb. Orice defect în funcționarea vreunui indicator va fi îndepărtat imediat. Dacă defectul nu se poate îndepărta, vor fi anunțate imediat organele superioare. Nivelul apei în sticlă trebuie să aibă ușoare oscilații în jurul nivelului normal, depășindu-l întrucîtva în cazul sarcinilor mici și fiind puțin sub acest nivel în cazul sarcinilor mari. În nici un caz nu trebuie admis ca nivelul apei să scadă sub semnul nivelului minim și nici să-l depășească pe cel maxim. Toate indicatoarele de nivel trebuie să fie menținute în funcțiune, fiind interzis a se păstra unele din ele închise (în rezervă).

Manometrele trebuie supravegheate în permanență în timpul funcționării cazanului și trebuie observat ca presiunea în cazan să nu depășească presiunea normală (de regim), înscrisă pe placa de timbru și marcată prin linia roșie pe cadranul manometrului.

Manometrele trebuie să fie verificate anual de către organele Direcției Verificări, Măsuri și Aparate de Măsurat din cadrul DGMSI.

Supapele de siguranță de pe cazan, supraîncălzitor și economizor se verifică ridicîndu-se capătul pîrghiei pentru scurt timp cu mîna încet și cu atenție, sau slăbindu-se cu grijă arcul supapei.

După așezarea talerului se verifică dacă supapa funcționează.

Verificările vor fi făcute de fochist cel puțin o dată pe schimb la cazanele cu presiunea nominală pînă la 22 kgf/cm² inclusiv și conform instrucțiunilor fabricii constructoare la cazanele cu presiune mai mare de 22 kgf/cm². Rezultatele verificărilor vor fi notate în registrul jurnal de exploatare.

Este interzisă deplasarea contragreutăților din pozițiile fixate cu ocazia controlului intern oficial, sau strîngerea arcului (în cazul supapelor cu arc). De asemenea, este interzisă încărcarea brațelor supapelor cu greutăți suplimentare sau blocarea pîrghiilor.

Manevrele pentru păstrarea curățeniei cazanului privesc depunerile de piatră și de nămol în interiorul suprafețelor de încălzire ale cazanului și cele de funingine, cenușă și zgură la exteriorul lor, care cauzează funcționarea neeconomică a cazanului și pot provoca avarii grave. De aceea trebuie dată o atenție deosebită păstrării curățeniei interioare și exterioare a cazanului de abur, efectuîndu-se

periodic, conform normelor interne următoarelor manevre: purjarea, suflarea de funingine şi evacuarea cenuşii şi zgurei.

Îndepărtarea nămolului şi menţinerea la o valoare anumită a concentraţiei de săruri în apa din cazan se realizează prin purjare; prin aceasta se preîntîmpină spumarea apei şi antrenarea sărurilor de către aburul saturat. Purjarea se face continuu sau periodic.

Modul şi perioadele de purjare se stabilesc pe baza instrucţiunilor interne, după calitatea apei şi după presiunea şi debitul cazanului.

Întreţinerea curată la exterior a suprafeţelor de încălzire contribuie la îmbunătăţirea transmiterii căldurii de la gazele de ardere la apa din cazan, deci la o funcţionare mai economică a cazanelor de abur.

Suflarea suprafeţelor de încălzire se face cel puţin o dată pe schimb, dacă aparatele de măsurat nu indică semne de depunere pe suprafeţele de încălzire. Îmbîcsirea suprafeţelor de încălzire se manifestă prin ridicarea temperaturii gazelor de ardere, prin mărirea rezistenţei de scurgere a gazelor (de unde şi necesitatea de a se mări tirajul); prin creşterea temperaturii de supraîncălzire sau a temperaturii de preîncălzire a apei, dacă depunerile de zgură au loc în măsură mai mare pe suprafeţele fierbătoare. Suflarea se face pe cît posibil în timpul funcţionării cu un debit redus a cazanului, evitîndu-se această operaţie în timpul aprinderii focului sau a funcţionării cazanului în regim nestabil, pentru a nu se provoca răbufniri de gaze.

Pentru evitarea neajunsurilor provocate de zgura care se formează şi se depune pe anumite instalaţii interioare ale focarului (ecrane, arzătoare, zidărie etc.) aceasta trebuie desprinsă cu ajutorul răngilor imediat după formare şi apoi evacuată, evitîndu-se astfel acumularea în pîlnii, în canalele de fum sau în spaţiul de sub cazan.

6.5.3. **Oprirea cazanelor**

Opririle de scurtă şi de lungă durată se fac în conformitate cu instrucţiunile interne de exploatare.

Timpul de răcire este precizat, pentru fiecare instalaţie de cazan în parte, prin instrucţiuni interne, ţinîndu-se seamă că răcirea forţată are aceleaşi efecte defavorabile ca şi dilatarea forţată a pereţilor, la pornirea cazanului. În cazul cînd este necesară o răcire mai rapidă se porneşte exhaustorul şi se fac purjări scurte şi dese, cum şi alimentări suplimentare cu apă.

Pentru evitarea tensiunilor interne în material, cazanul va fi golit de apă numai după ce s-a constatat că pe suprafeţele de încălzire nu mai este depusă zgură incandescentă şi zidăria s-a răcit, iar temperatura apei în cazan nu depăşeşte 70°C. Înainte de a se începe golirea, se deschid robinetele de aerisire sau, în lipsa acestora, una dintre supapele de siguranţă. În cazul cînd golirea trebuie urgentată, se poate începe numai cînd presiunea a scăzut sub 1 kgf/cm² şi numai cu aprobarea responsabilului sălii cazanelor. Golirea cazanului este obligatorie în caz de pericol de îngheţ, chiar la opriri de scurtă durată, însă numai după ce temperatura apei din cazan a scăzut la 70°C.

În cazul opririlor de lungă durată, se izolează cazanul de celelalte unităţi prin flanşe oarbe; se deschid capacele şi se desfac gurile de vizitare etc. pentru răcirea completă a cazanului.

Oprirea forţată a cazanului se face în următoarele cazuri:

— înroşirea, deformarea sau apariţia de crăpături în pereţii metalici ai cazanului;

Scanned with OKEN Scanner

— ruperea uneia sau a mai multor țevi de cazan sau economizor (dacă acesta nu poate fi separat de cazan), din care cauză are loc o pierdere mare de apă, care face imposibilă menținerea nivelului normal;

— defectarea tuturor organelor de alimentare, a tuturor indicatoarelor de nivel sau a tuturor manometrelor;

— apariția unei crăpături importante sau prăbușirea unei părți din zidăria cazanului, care modifică drumul gazelor de ardere;

— prăbușirea zidăriei interioare a focarului pe o suprafață mare, care provoacă o încălzire excesivă a zidăriei exterioare și a construcției metalice, amenințînd soliditatea ei;

— explozia puternică a gazelor de ardere, în focar sau în canalele de gaze, care produce distrugerea zidăriei, deformarea construcției metalice și răbufnirea gazelor în afară;

— apariția unor defecte ca: umflarea țevilor; scurgeri la încheieturi, nituri și mandrinări; defecte în funcționarea dispozitivelor de siguranță sau de control, care pun în pericol cazanul.

În cazul cînd izbucnește un incendiu în sala cazanelor sau în imediata ei vecinătate, se iau măsurile de oprire rapidă din funcție a cazanului, pentru a-l feri de solicitări periculoase.

6.5.4. Conservarea cazanelor

În timpul cît cazanul este scos din funcțiune este necesară protejarea lui împotriva corodării (ruginirii). Dacă durata opririi este mai scurtă, iar cazanul trebuie să fie gata de a fi pus în funcțiune, se folosește metoda de conservare umedă. În cazul unei opriri mai îndelungate sau al unui pericol de îngheț, se folosește metoda de conservare uscată.

În cazul cînd nu există instrucțiuni de conservare din partea întreprinderii constructoare, se poate proceda după următoarele indicații:

Conservarea umedă. Înainte de oprirea cazanului, se fac următoarele operații:

— se umple cazanul pînă la nivelul normal, cu condensat sau cu apă epurată ușor alcalinizată, adăugîndu-se 1 kgf hidrat de sodiu la 1 m^3 apă; se fierbe apa la presiunea de 1—2 kgf/cm^2, eliminîndu-se prin ventilele de aerisire sau prin supapele de siguranță tot aerul și gazele din cazan;

— se închid robinetele etanș, astfel ca prin răcirea cazanului să se producă un vid cît mai înaintat în spațiul de abur;

— se controlează, în timpul conservării, nivelul apei în cazan, luîndu-se măsurile necesare în cazul în care se constată scăderea acestuia.

Conservarea uscată. După oprirea, răcirea și golirea cazanului se procedează la următoarele operații:

— se demontează armăturile și se revizuiesc, deoarece în cazul unei opriri mai îndelungate suferă atît suprafețele de contact cît și garniturile;

— se curăță cazanul și se usucă pereții prin ventilare puternică, foc ușor în focar sau aer cald. În prealabil se evacuează apa, cercetîndu-se îndeosebi locurile obișnuite de stagnare, de exemplu: jgheaburile de alimentare din tambur, serpentinele supraîncălzitorului și economizorul etc., după care se izolează cazanul de celelalte unități și instalații auxiliare, pompe etc., prin flanșe oarbe;

— se introduc în tambure cutii cu var nestins, pentru a absorbi umiditatea. Cutiile vor fi de mărime corespunzătoare dimensiunii gurilor de vizitare

11—48—75

Scanned with OKEN Scanner

și vor conține var cu granulația de 10—30 mm și cu un conținut de cel puțin 50% oxid de calciu;

— se astupă etanș toate clapele de gaze, toate ușile din zidărie și gurile de vizitare ale cazanului;

— se întreține, în timpul perioadei de conservare, uscarea prin foc de lemne sau de mangal în focar, cel puțin o dată pe lună; pe vreme umedă sau în cazul cînd zidăria asudă, focul se poate repeta mai des. După această operație, clapele și ușile folosite se astupă etanș;

— se controlează lunar starea suprafeței interioare a tamburului; dacă se constată prăfuirea și umezirea varului, acesta se înlocuiește luîndu-se măsuri potrivite, astfel încît schimbarea varului să nu fie necesară înainte de controlul lunar.

Conservarea uscată prin vopsire a pereților interiori ai cazanului este o metodă bună, care ferește cazanul și ulterior (în funcțiune) împotriva coroziunii.

O vopsea bună este amestecul de fulgi de grafit în apă, aplicată pe metalul curat.

6.5.5 Controlul oficial periodic al cazanelor

Cazanele de abur se controlează din punctul de vedere al fabricării, al instalării, al exploatării și reparării de către Inspectoratul de Stat pentru Cazane și Instalații de Ridicat (I.S.C.I.R.) pe baza legilor în vigoare (H.C.M. nr. 1325/1957 și Instrucțiunile D.G.M. nr. 360/1954 *)).

Sînt exceptate de la prevederile legilor și ale Instrucțiunilor în vigoare următoarele cazane de abur:

a) cazanele cu presiunea nominală pînă la 0,7 kgf/cm²;

b) cazanele de apă caldă, la care temperatura de încălzire a apei nu depășește 100°C;

c) cazanele cu presiunea nominală de cel mult 3 kgf/cm², la care produsul dintre presiunea exprimată în kgf/cm² și volumul spațiului sub presiune exprimat în litri, nu depășește cifra 60;

d) cazanele de locomotive și de pe vagoane aflate în administrația căilor ferate sau a altor departamente; acestea sînt supuse instrucțiunilor M.T.T.

e) cazanele de pe vasele maritime și fluviale sau alte mijloace de plutire; acestea sînt supuse instrucțiunilor M.T.T.;

f) autoclavele cu foc direct, care sînt asimilate recipienților.

Pentru controlul stării și funcționării cazanelor și instalațiilor anexe, organele oficiale de control execută:

— revizii interioare;
— încercări de presiune la rece;
— încercări de presiune la cald;
— revizii exterioare.

Data efectuării controlului se propune de întreprinderea deținătoare prin planul de verificări anual, pe care aceasta este obligată să-l întocmească și să-l comunice pînă la 1 octombrie pentru anul următor regionalei ISCIR. Propunerea se face în limita scadenței operației de control, precizată în cartea cazanului.

*) Instrucțiunile tehnice ISCIR 61-58.

Scanned with OKEN Scanner

Executarea controlului oficial se face în prezența responsabilului sălii cazanelor și a fochistului cazanelor, care trebuie să ia parte efectivă alături de organele de control.

În cazul cînd organul oficial de control nu s-a prezentat pentru controlul cazanului în termenul confirmat, întreprinderea are dreptul să facă controlul, respectînd prevederile instrucțiunilor tehnice I.S.C.I.R, 61-58, printr-o comisie compusă din directorul sau mecanicul șef al întreprinderii, responsabilul sălii cazanelor și șeful protecției muncii din întreprindere.

Rezultatul controlului se va consemna într-un proces-verbal în triplu exemplar, din care unul se va înainta la Regionala I.S.C.I.R. și unul la instituția tutelară.

Procesul verbal va fi copiat întocmai cu aceleași semnături și sigiliu, în registrul jurnal al sălii cazanelor.

Această comisie nu poate stabili un termen de funcționare a cazanului sau instalației mai mare decît un an de zile.

Revizia interioară oficială. Aceasta se execută de organele oficiale de control, la termenele scadente stabilite în cartea cazanului. Pentru a fi supus reviziei interioare oficiale cazanul va fi oprit din timp, trebuind să îndeplinească toate condițiile de curățire, aerisire, temperatură, iluminare, izolare față de celelalte cazane în funcțiune, etanșeitate a zidurilor de despărțire etc. Armăturile cazanului vor fi pregătite pentru revizia interioară în totalitatea lor, vor fi demontate și recondiționate, în special suprafețele de închidere. Dispozitivele din interiorul tamburului, care îngreunează curățirea și controlul suprafețelor, vor fi demontate înainte de începerea reviziei.

Defectele constatate trebuie bine cercetate, stabilindu-se cauzele care le-au produs. Coroziunile, îmbinările nituite sau sudate, deformațiile vizibile, fisurile și crăpăturile vor fi cercetate cu o deosebită atenție.

Țevile fierbătoare și de ecran pot fi corodate în interior și în exterior, pot prezenta crăpături, umflături și curburi, din cauza sistemului de dilatare prea rigid.

Revizia interioară executată de responsabilul sălii cazanelor (maistrul-șef de întreținere), cu ocazia opririlor cazanului pentru spălări, curățiri, revizii la intervalele de timp stabilite prin instrucțiunile interne, se face în două faze:

— înainte de curățirea cazanului;

— după curățirea cazanului.

Revizia interioară înainte de curățirea cazanului constă, îndeosebi, în precizarea felului și a repartiției depunerilor de piatră și de nămol în diferite locuri din interiorul cazanului sau a funinginii și a cenușii în focar și în canalele de fum, ca pe baza concluziilor trase să se îmbunătățească normele de exploatare a cazanului mai ales în privința precizării purjărilor, a sulfării suprafețelor și a dozării reactivilor pentru epurarea apei de alimentare.

Încercarea de presiune la rece. Această încercare se execută în scopul verificării etanșeității și al descoperirii eventualelor fisuri, crăpături sau porozități ale materialului, defecte care nu ar putea fi observate cu ochiul liber.

Încercarea de presiune la rece, ca „*probă de casă*", se execută la presiunea nominală, cu apă a cărei temperatură nu depășește 60°C. Încercarea oficială se execută în prezența inspectorului de cazane.

Presiunea de încercare are, conform STAS 2802-51 următoarele valori:

— 1,5 p_n pentru cazanele care funcționează la o presiune nominală pînă la 5 kgf/cm² inclusiv; presiunea de încercare nu poate fi în acest caz sub 2 kgf/cm²;

— 1,25 p_n pentru cazanele care funcționează cu o presiune nominală peste 5 kgf/cm²; suprapresiunea nu va fi în nici un caz mai mică decît 3 kgf/cm².

Durata încercării cu suprapresiune va fi de 10 min, după care, în cazul cînd cercetarea pereţilor nu s-a terminat, se va scădea presiunea pînă la valoarea nominală şi apoi se va continua controlul cazanului. Încercarea de presiune la rece se consideră reuşită dacă părţile aflate sub presiune rezistă, fără deformaţii permanente vizibile sau ruperi de piese şi fără scăpări de apă prin pereţi şi încheieturi.

Economizoarele vor fi supuse la încercarea de presiune la rece după formula: $1{,}25\ p_n + 5$ kgf/cm^2.

După probă, apa se goleşte şi cazanul se spală cu apă.

Încercarea de presiune la cald. După încercarea de presiune la rece, cazanul este supus unei încercări de presiune cu abur, fiind pus să funcţioneze în condiţii normale de exploatare. Aceasta este aşa-numita încercare la cald, care completează încercarea la rece.

Cazanul va fi ţinut sub presiune cel puţin 3 h.

După încercare, cazanul se va lăsa să se răcească încet timp de 24 h. Se va face apoi o ultimă revizie.

Revizia exterioară oficială. Această revizie se execută în timpul funcţionării cazanului şi constă în cercetarea tuturor factorilor care contribuie la funcţionarea instalaţiei de cazane în condiţii de siguranţă şi de exploatare economică.

Revizia exterioară se execută de către organele oficiale de stat, în fiecare an, fără a preveni pe deţinător. Responsabilul sălii cazanelor cercetează cel puţin o dată în 24 h, buna funcţionare a cazanului.

6.5.6. Organizarea exploatării cazanelor

Documentaţia tehnică. Conform instrucţiunilor Inspectoratului de Stat pentru cazane şi instalaţii de ridicat (ISCIR) fiecare cazan de abur trebuie să posede următoarele documente:

— autorizaţia de instalare, eliberată de ISCIR;

— autorizaţia de funcţionare (cartea cazanului), eliberată de ISCIR, în care sînt indicate toate dimensiunile caracteristice ale cazanului; în cartea cazanului se consemnează de către inspectorii de cazane controalele oficiale efectuate.

În fiecare sală de cazane trebuie să fie completate formularele cuprinzînd următoarele situaţii în legătură cu exploatarea şi repararea echipamentului:

— raportul zilnic pentru cazane şi instalaţii anexe, în care personalul de exploatare notează, din oră în oră, indicaţiile principalelor aparate de măsurat ;

— registrul-jurnal de exploatare al sălii cazanelor, în care se notează zilnic şi pe schimb toate evenimentele şi dispoziţiile date în legătură cu exploatarea cazanelor;

— registrul de defecte şi deranjamente;

— registrul de reparaţii, în care se notează datele cu privire la toate reparaţiile cazanelor şi la curăţiri, cu indicarea intervalului de oprire, a întreprinderii care a executat reparaţia, a numărului şi a locului ţevilor tăiate, închise cu flanşe, înlocuite sau sudate etc.

Şefii de tură şi maiştrii şefi de exploatare răspund pentru întocmirea şi ţinerea la zi a acestor situaţii.

Instrucţiuni tehnice interne. În toate sălile de cazane trebuie să existe instrucţiuni tehnice de exploatare, de reparaţii şi de recepţie.

Scanned with OKEN Scanner

În aceste instrucțiuni sînt prevăzute:

— drepturile, obligațiile și responsabilitățile personalului de deservire;

— regulile privitoare la deservirea echipamentului în condițiile exploatării normale și în caz de avarii;

— regulile asupra controlului, reparației și recepției echipamentului;

— măsurile pentru asigurarea securității muncii și pentru prevenirea incendiilor.

Instrucțiunile tehnice interne (I.T.I.) trebuie întocmite pe baza instrucțiunilor tip elaborate de I.S.C.I.R. a datelor cuprinse în documentația tehnică primită de la uzinele constructoare, a instrucțiunilor și a circulărilor de exploatare și de prevenire a avariilor, elaborate de forul tutelar, precum și a experienței rezultate în exploatare, ținînd seama de condițiile locale și de specificul echipamentului respectiv.

Personalul de conducere și deservire (colectivul de muncă) din sălile de cazane se compune din:

— responsabilul sălii de cazane;

— fochiști-șefi;

— fochiști;

— fochiști-ajutori.

Responsabilii sălilor de cazane se numesc dintre tehnicienii și muncitorii cu pregătirea de mai jos, în raport cu importanța instalațiilor ce le dețin:

— ingineri specializați în cazane de abur;

— tehnicieni absolvenți ai unei școli medii tehnice de specialitate mecano-energetică, cu o practică în exploatarea cazanelor de cel puțin 2 ani;

— fochiști-șefi cu o vechime de cel puțin 2 ani în această funcție.

În unele cazuri (de exemplu în întreprinderile care dețin săli mici de cazane etc.), mecanicul șef poate îndeplini și atribuțiile responsabilului sălii de cazane.

În componența fiecărui schimb de muncă este obligatorie și funcția de fochist-șef. Aceștia se numesc dintre fochiștii autorizați.

Fochiștii folosiți în exploatarea cazanelor de abur trebuie să fie autorizați pe bază de examen în conformitate cu instrucțiunile I.S.C.I.R. 62-60 (Instrucțiuni pentru autorizarea fochiștilor cazanelor de abur).

Fochiștii ajutori pot fi angajați dintre muncitori necalificați care au vîrsta de cel puțin 16 ani împliniți, au absolvit o școală elementară de patru clase și îndeplinesc condițiile de sănătate prevăzute în anexa 2 a instrucțiunilor I.S.C.I.R. 62-60.

Este interzisă angajarea femeilor în calitate de fochiste sau fochiste-ajutoare la cazanele de abur cu încărcare manuală a combustibilului. De asemenea este interzisă folosirea fochiștilor ajutori sub 18 ani, la desfășurarea muncilor manuale grele.

Scanned with OKEN Scanner

VII

MAȘINI TERMICE

7.1. GENERALITĂȚI

Mașinile (motoarele) termice sînt mașini de forță care transformă energia termică a unui fluid motor (abur, gaze) în energie mecanică.

După *fluidul motor* (agentul termic) cu care lucrează, mașinile termice pot fi:

— mașini cu abur;
— motoare cu gaze.

După *principiul de funcționare*, mașinile termice se clasifică în:

— mașini cu mișcare alternativă (cu piston);
— mașini rotative sau turbine;
— motoare cu reacție.

Combinîndu-se cele două criterii de clasificare, se obține următoarea clasificare generală a mașinilor termice:

- Mașini termice
  - mașini cu abur
    - mașini cu piston
    - turbine cu abur
  - motoare cu gaze
    - motoare cu piston
    - turbine cu gaze
    - motoare cu reacție

Mașinile cu mișcare alternativă au ca organ-motor pistonul care execută o mișcare rectilinie-alternativă, transformată în mișcare de rotație prin intermediul mecanismului bielă-manivelă.

Aceste mașini, în care procesul de transformare energetică este intermitent, prezintă o serie de dezavantaje: au capacitate mică de transformare a energiei (deci la puteri mari, sînt voluminoase), au randament termic scăzut, se uzează repede (din cauza contactului direct cu flacăra a unor organe mobile), produc trepidații etc.

Mașinile rotative sînt acelea al căror organ-motor, rotorul are o mișcare continuă de rotație. Ele prezintă multe avantaje: au capacitate mare de transformare a energiei (deoarece transformarea energetică se face în mod continuu), sînt mașini de mare putere, au randament mecanic bun (deoarece frecările se produc numai în lagăre, cu uzură redusă și întreținere ieftină), funcționează liniștit, mișcarea rotativă se obține direct etc. Ca dezavantaj se menționează funcționarea numai într-un singur sens de rotație.

Datorită acestor avantaje, în tehnica modernă mașinile rotative sînt din ce în ce mai mult utilizate.

Scanned with OKEN Scanner

După forma energiei obținute, mașinile termice au domeniile de utilizare indicate în tabela 7.1.

Tabela 7.1. **Domeniile de utilizare a mașinilor termice**

Forma energiei obținute	Domeniul de utilizare
Lucru mecanic sau lucru mecanic și căldură	1. Centrale termoelectrice 2. Centrale industriale
Energie mecanică	Tracțiune 1. pe sol 2. pe apă 3. în aer
Energie potențială	1. Moto sau turbopompe 2. Moto sau turbocompresoare 3. Motogeneratoare

Caracteristicile mașinilor termice folosite în diverse domenii de utilizare sînt variate (tabela 7.2).

Tabela 7.2. **Caracteristicile mașinilor termice pentru diferite domenii de utilizare**

Domeniul de utilizare	Felul exploatării			Condiții constructive	
	Durata de funcționare ani	Gradul de utilizare %	Variații de regim %	Randamentul	Greutatea specifică
Staționare	10—20	80—90	±10	Foarte ridicat	Mare
Mobile	10—15	20—30	±20	Redus	Redusă
Tracțiune	2—10	30—60	±80	Redus	Foarte redusă
Agregate	2—10	20—80	±60	Ridicat	Redusă

Valorile indicate sînt informative, respectiv pentru comparație.

7.2. MAȘINI CU ABUR

7.2.1. Mașina cu abur cu piston

În mașina cu abur cu piston energia termică a aburului sub presiune (energie potențială) se transformă în lucru mecanic, efectuat de piston în mișcarea sa alternativă în cilindru, după relația

$$L = \frac{1}{A}(i_1 - i_2) \quad [\text{kgf.m}], \tag{7.1}$$

în care: A este echivalentul termic al lucrului mecanic, în kcal/kgf.m ;
i_1 și i_2 — entalpiile aburului la intrarea și la ieșirea din mașină, în kcal/kg.

Mașina cu abur are o construcție simplă, prezintă o mare siguranță în exploatare, se întreține ușor și poate fi supraîncărcată. Are însă un randament foarte mic.

Aceste caracteristici fac ca mașina cu abur cu piston să fie în prezent foarte mult utilizată în transporturi (locomotive, nave), în agricultură și în unele ramuri industriale (locomobile și pompe) și în instalații energetice stabile de putere mică (locomobile și mașini care funcționează cu abur de evacuare).

Mașinile cu abur se construiesc pentru abur supraîncălzit cu presiuni de 10—40 kgf/cm² și temperaturi pînă la 250—350°C.

Elementele componente ale unei mașini cu abur sînt reprezentate schematic în fig. 7.1, *a*. Aceste elemente sînt: cilindrul în care se mișcă pistonul, dispozitivul de distribuție a aburului (cutie de distribuție, sertar, biela sertarului, excentric sau ax cu came, conducte de admisie și de evacuare a aburului), dispozitivul de transformare a mișcării de translație alternativă a pistonului într-o mișcare de rotație (tija pistonului, bielă, manivelă, cap de cruce) și regulatorul de viteză.

Modul de funcționare este următorul: aburul sosit de la cazan este introdus în cutia de distribuție. În poziția de mijloc, sertarul acoperă ambele canale de admisie prin care aburul poate ajunge la cele două capete ale cilindrului. Sub acțiunea excentricului, sertarul se deplasează, de exemplu, spre stînga; în acest caz se deschide canalul din dreapta și aburul intră în partea din dreapta a cilindrului, apăsînd asupra pistonului și împingîndu-l spre stînga. Între timp sertarul își schimbă sensul mișcării și înapoindu-se spre dreapta închide canalul de admisie din dreapta, fără să-l deschidă deocamdată pe cel din stînga. În acest moment se termină cursa de admisie a aburului pe partea dreaptă și începe expansiunea; înainte de punctul mort intern, sertarul deschide canalul de evacuare, cursa de expansiune se termină și aburul este evacuat spre condensator sau în atmosferă. În punctul mort, sertarul deschide canalul de admisie din stînga și ciclul desfășurat pe partea dreaptă se repetă de astădată pe partea stîngă.

Deoarece aburul este introdus alternativ pe ambele părți ale pistonului, o astfel de mașină se numește cu dublu efect spre deosebire de mașina cu simplu efect, la care aburul este introdus pe o singură parte a cilindrului.

În fig. 7.1, *b* este reprezentată o mașină cu abur cu destindere fracționată. Aburul pătrunde în primul cilindru cu presiunea p_1, unde se destinde pînă la presiunea p_2 și așa mai departe. Întreaga cădere de presiune de la p_1 la p_4, este repartizată mai multor cilindri, deci destinderea aburului este fracționată.

În fig. 7.1, *c* este reprezentată o mașină cu abur în tandem. Mașina are mai mulți cilindri, însă cu simplă destindere. Ambii cilindri lucrează cu aceleași presiuni. Din punct de vedere constructiv, cei doi cilindri sînt identici.

Mașina cu abur compound (fig. 7.1, *d*) are mai mulți cilindri, fiecare cilindru destinzînd aburul între aceleași presiuni.

Scanned with OKEN Scanner

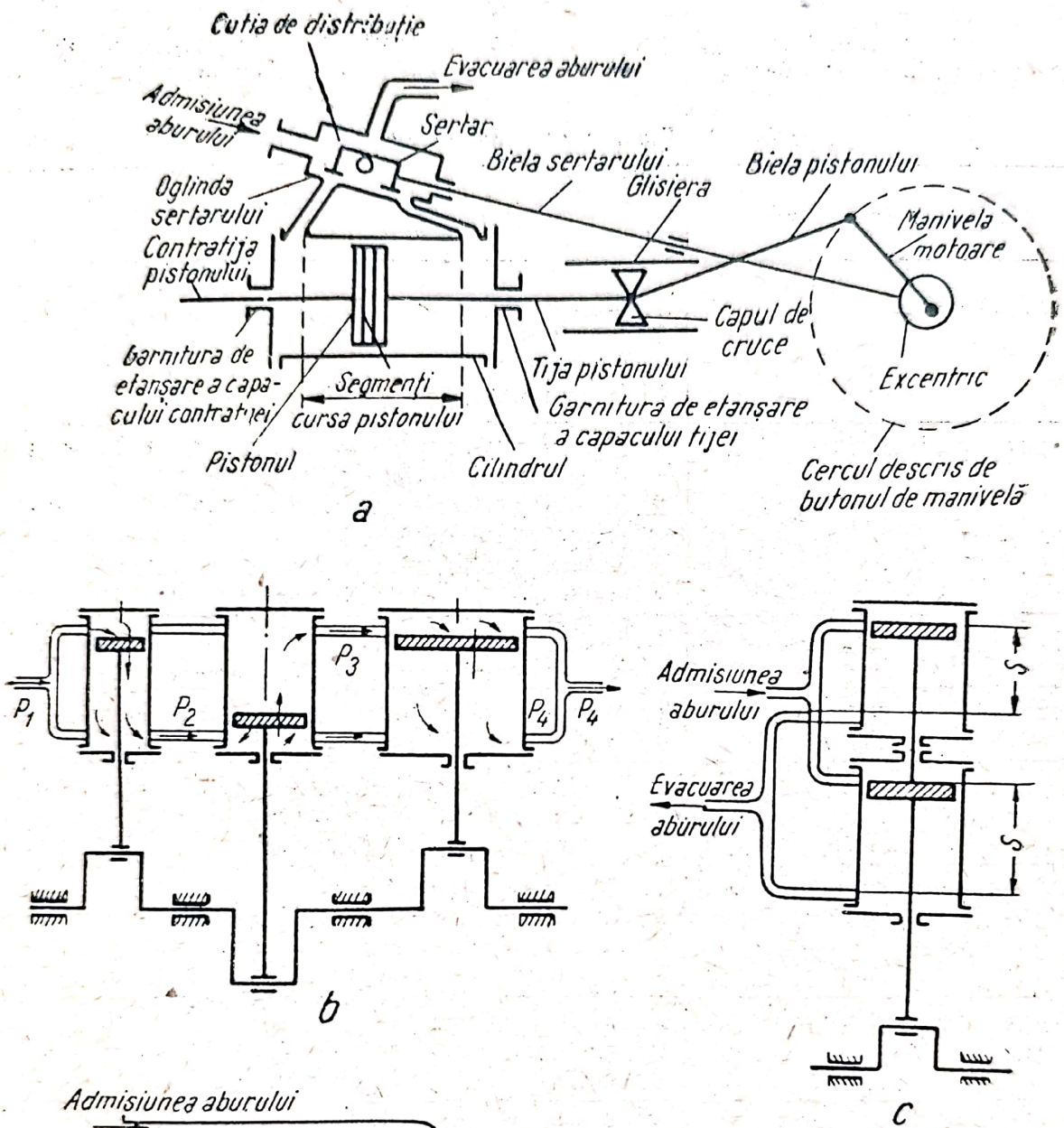


Fig. 7.1. Mașini cu abur cu piston:

a — cu dublu efect; *b* — cu destindere fracționată; *c* — în tandem; *d* — compound.

Scanned with OKEN Scanner

În tehnică se întîlnesc foarte multe tipuri constructive de mașini cu abur cu piston, ele putînd fi clasificate după diverse criterii (tabela 7.3).

Tabela 7.3. **Clasificarea mașinilor cu abur**

Criteriile de clasificare	Tipuri de mașini cu abur
Destinație	1. Mașini staționare 2. Locomobile 3. Locomotive 4. Mașini navale
Poziția cilindrilor	1. Mașini orizontale (mașini cu turație lentă $n < 200$ rot/min) 2. Mașini verticale (mașini cu turație ridicată $n > 200$ rot/min) 3. Mașini înclinate (mașini cu destinație specială)
Poziția relativă a cilindrilor	1. Mașini tandem 2. Mașini compound
Felul de acțiune (fețe active ale pistonului)	1. Mașini cu simplu efect (o față activă) 2. Mașini cu dublu efect (două fețe active)
Numărul treptelor de expansiune	1. Mașini cu simplă expansiune 2. Mașini cu dublă expansiune 3. Mașini cu triplă expansiune
Construcția organelor de distribuție a aburului în mașină	1. Mașini cu distribuție cu sertare 2. Mașini cu distribuție cu supape 3. Mașini cu distribuție combinată (în echicurent)
Procedeul de reglare	1. Mașini cu reglare calitativă 2. Mașini cu reglare cantitativă 3. Mașini cu reglare mixtă
Calitatea aburului la intrarea în mașină	1. Mașini cu abur saturat 2. Mașini cu abur supraîncălzit
Presiunea aburului la intrarea în mașină	1. Mașini cu presiune joasă ($p_1 < 18$ kgf/cm^2) 2. Mașini cu presiune medie ($18 < p_1 < 40$ kgf/cm^2) 3. Mașini cu presiune înaltă ($p_1 > 40$ kgf/cm^2)
Presiunea aburului la ieșirea din mașină	1. Mașini cu condensație ($p_2 < 1$ kgf/cm^2) 2. Mașini cu evacuare în atmosferă ($p_2 = 1 - 1{,}3$ kgf/cm^2) 3. Mașini cu contrapresiune ($p_2 > 1$ kgf/cm^2) 4. Mașini cu priză intermediară
Sensul de rotație al arborelui motor	1. Mașini cu sens de rotație constant (la dreapta sau la stînga) 2. Mașini reversibile (la dreapta și la stînga).

Scanned with OKEN Scanner

7.2.2. Turbina cu abur

Turbina cu abur este o mașină în care energia potențială a aburului (energia termică) este transformată în energie cinetică (viteză) iar aceasta, la rîndul ei, în energia mecanică de rotație a arborelui. Arborele este cuplat cu mașina pe care turbina trebuie să o antreneze.

Lucrul mecanic efectuat de 1 kgf de abur în turbina ideală este același ca și la mașina cu abur cu piston (v. relația 7.1).

Există totuși o deosebire principială între cele două mașini: la mașina cu piston lucrul mecanic este efectuat direct de presiunea aburului pe cînd la turbină lucrul mecanic se obține prin variația mărimii și vitezei vînei de abur care expandează. În consecință, neglijîndu-se pierderile, expresia lucrului mecanic este:

$$l_o = \frac{c_1^2 - c_2^2}{2\,g}, \tag{7.2}$$

unde: c_1 și c_2 sînt vitezele aburului înainte și după efectuarea lucrului mecanic;
g — accelerația căderii libere.

Această deosebire face ca forma constructivă a turbinei să difere cu totul de construcția mașinii cu piston, turbina făcînd parte din grupa mașinilor rotative.

În fig. 7.2 este reprezentată schematic o secțiune longitudinală printr-o turbină cu abur, iar în tabela 7.4 sînt clasificate elementele componente ale unei turbine cu abur.

Modul de funcționare al turbinei de abur este următorul (v. fig. 7.2):

Prin ventilul principal al turbinei, aburul ajunge la ventilul automat pentru admisie și reglare pătrunzînd apoi în ajutaje. Ajutajele sînt un fel de canale, în care are loc transformarea energiei potențiale a aburului în energie cinetică. Vîna de abur, ieșind cu viteză mare din ajutaje, lovește paletele mobile ale rotorului turbinei pe care-l rotește. Paletele mobile sînt fixate pe discuri sau pe un tambur și sînt dispuse radial pe toată circumferința, în mai multe șiruri, după puterea turbinei. Tamburul sau discurile sînt fixate pe arborele turbinei care se sprijină pe două lagăre.

Din primul șir de palete mobile, aburul pătrunde în primul șir de palete fixe (numite și palete directoare), care sînt fixate de carcasa turbinei. În paletele directoare aburul își schimbă direcția, pentru a intra apoi în șirul următor de palete mobile, în aceeași direcție și în același sens pe care le-a avut și la primul șir de palete mobile.

Două rînduri de palete vecine, fixate respectiv pe stator și pe rotor, formează o treaptă sau un etaj.

După ce străbate pe rînd toate șirurile de palete mobile și fixe, aburul intră în condensator. Condensatorul este un cilindru cu multe țevi de alamă prin care circulă apa de răcire. Venind în contact cu aceste țevi reci, aburul se condensează.

Apa condensată se scurge la partea de jos a condensatorului, de unde este aspirată de o pompă centrifugă (pompa de condensat) și refulată în rezervorul de apă de alimentare a cazanelor. Prin condensare, aburul trece de la un volum specific mare la un volum specific mic, creindu-se astfel în condensator o depresiune. O dată cu aburul pătrunde în condensator și aer, care a fost dizolvat în apa de alimentare, sau care pătrunde pe la diferite neetanșeități. Pentru a se păstra depresiunea din condensator, care are o mare importanță pentru

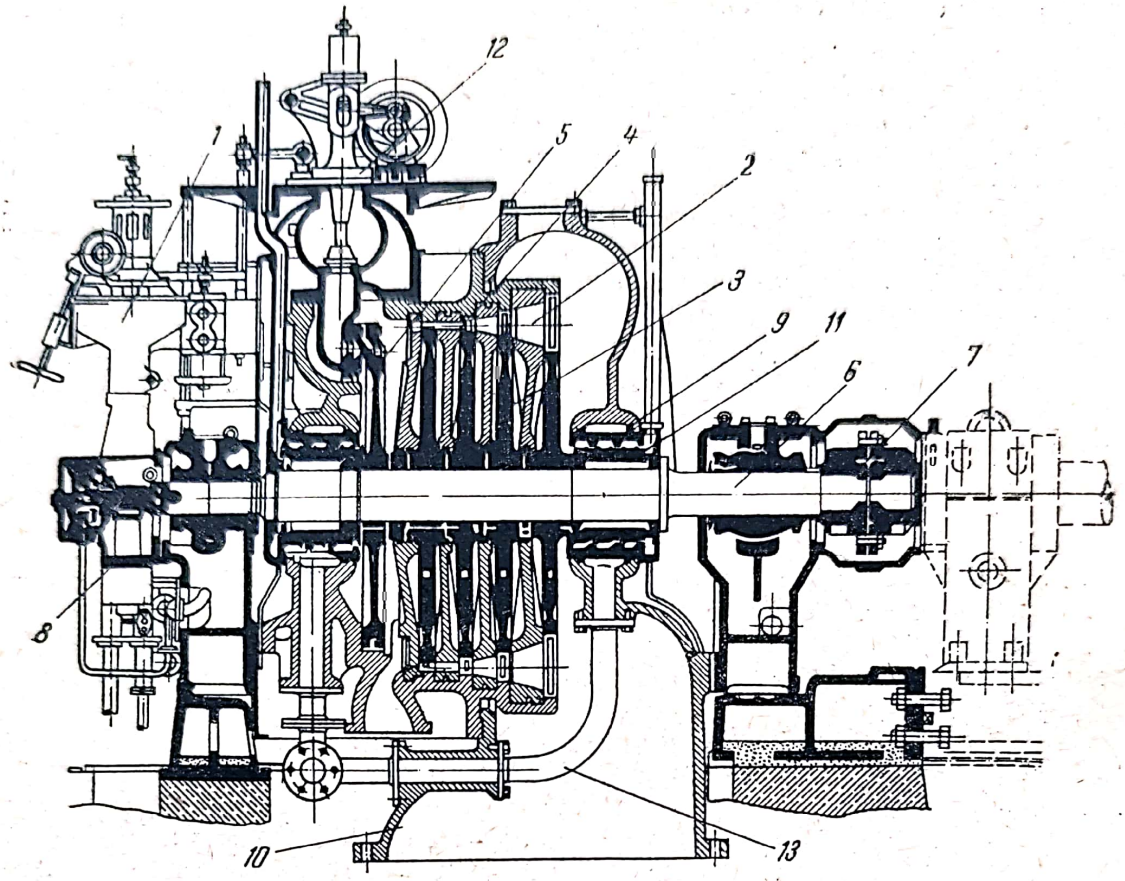


Fig. 7.2. Secţiune longitudinală printr-o turbină cu abur:

1 — ventil de admisie şi reglare ; *2* — ajutaje ; *3* — palete mobile ; *4* — palete directoare; *5* — disc; *6* — arbore; *7* — lagăr radial; *8* — lagăr radial-axial; *9* — carcasă; *10* — legătura cu condensatorul; *11* — labirinţi; *12* — regulator; *13* — conducte pentru evacuarea aburului din labirinţi.

buna funcţionare şi pentru randamentul turbinei, aerul se scoate în mod continuu din condensator cu un ejector.

Pentru condensarea aburului sosit în condensator, este nevoie de o cantitate mare de apă rece, pompată prin condensator de către pompa de apă de răcire sau pompa de circulaţie. Apa de răcire, încălzindu-se în condensator, nu mai poate fi folosită din nou pentru răcire. În consecinţă, se foloseşte fie o nouă cantitate de apă rece captată dintr-un rîu care curge în apropierea centralei (răcirea condensatoarelor în circuit deschis), fie aceeaşi apă, răcită însă într-o instalaţie specială numită turn de răcire (răcire în circuit închis).

Domeniile de utilizare a turbinelor cu abur. Turbinele cu abur servesc mai ales la acţionarea maşinilor rapide: generatoare electrice, turbocompresoare, pompe centrifuge, turbosuflante etc. Deşi din punct de vedere al randamentului, turbina cu abur este inferioară motorului Diesel totuşi deţine exclusivitatea totală ca agregat de acţionare a generatoarelor electrice în marile centrale termoelectrice, din cauza posibilităţii de a se obţine puteri foarte mari într-un singur agregat de volum relativ redus, precum şi pentru că permite utilizarea combustibililor solizi inferiori şi a deşeurilor de combustibil.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.4. **Elementele componente ale turbinei cu abur**

Subansamblul	Organele componente
Stator	Carcasă Lagăre (radiale, axiale) Labirinţi Diafragme Ajutaje
Rotor	Arbore Discuri (tambur) Palete Cuplaje
De pornire şi de reglare	Ventil principal de admisie a aburului Dispozitive de pornire Supape de admisie Regulator Servomotoare Organe de acţionare Sincronizator
De ungere, reglare şi răcire	Rezervor de ulei Pompe de ulei (principale, auxiliare) Filtru Reductor de presiune Răcitor de ulei Conducte
De protecţie	Regulatoare de siguranţă Ventil de închidere rapidă Relee de deplasare axială Regulatoare pentru pornire automată a turbopompei de ulei Supape de evacuare în atmosferă
De condensaţie	Condensator Pompe de condensat Pompe de apă de răcire (de circulaţie) Motoare de antrenare a pompelor de condensat şi de apă de răcire Ejectoare Turnuri de răcire Prize de apă de răcire Instalaţii de curăţire a apei de răcire
Aparate de măsurat şi de control	Aparate pentru măsurarea temperaturilor Aparate pentru măsurarea presiunilor Aparate pentru măsurarea debitelor Aparate pentru măsurarea încărcării turbinei Aparate pentru măsurarea turaţiei Aparate pentru măsurarea vibraţiei Aparate pentru măsurarea calităţii aburului şi a condensatului

Scanned with OKEN Scanner

Clasificarea turbinelor. Pentru a corespunde nevoilor foarte diferite, turbinele de abur se construiesc de multe tipuri, ele putînd fi clasificate după diverse criterii ca în tabela 7.5. În fig. 7.3 sînt reprezentate schematic diferite tipuri de turbine.

Tabela 7.5. **Clasificarea turbinelor cu abur**

Criteriile de clasificare	Tipuri de turbine cu abur
După condițiile generale de instalare și funcționare	1. Staționare 2. Nestaționare (pentru transporturi)
După destinație	1. Energetice (cuplate cu generatoare pentru producerea energiei electrice) 2. Cu termoficare (producerea de energie electrică și energie termică) 3. De antrenare (nave, locomotive, pompe, turbosuflante, turbocompresoare etc.)
După principiul de funcționare	1. Cu acțiune (cu trepte de presiune, cu trepte de viteză, combinate) 2. Cu reacțiune 3. Mixte, cu acțiune și reacțiune
După parametrii aburului la intrare în turbină	1. Pentru parametri supraînalți ($p_i > 150$ kgf/cm², $t > 540$°C) 2. Pentru parametri înalți ($p_i = 50$—150 kgf/cm², $t = 450$—540°C) 3. Pentru parametri medii ($p_i = 12$—50 kgf/cm², $t = 300$—450°C) 4. Pentru parametri scăzuți ($p_i < 12$ kgf/cm², $t < 300$°C)
După presiunea aburului la ieșirea din turbină	1. Cu condensație ($p_c = 0{,}03$—$0{,}08$ kgf/cm²) 2. Cu contrapresiune: *a.* cu emisie în atmosferă ($p_e = 1$ kgf/cm²) *b.* cu emisie în instalații tehnologice ($p_e = 1{,}5$—15 kgf/cm²) *c.* înaintașe ($p_e = 15$—30 kgf/cm²)
După posibilitatea de prelevare a aburului	1. Fără prize 2. Cu prize nereglabile 3. Cu prize reglabile (acestea au de obicei și prize nereglabile)
După turație	1. Cu turație constantă (pentru antrenarea generatoarelor electrice) 2. Cu turație variabilă (pentru antrenarea pompelor, suflantelor, elicelor navelor etc.)

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.5 (continuare)

Criteriile de clasificare	Tipuri de turbine cu abur	
După particularități constructive	După numărul de arbori	1. Cu un singur arbore 2. Cu mai mulți arbori
	După numărul de corpuri	1. Cu un singur corp 2. Cu mai multe corpuri *a.* cu o linie de arbori *b.* cu mai multe linii de arbori
	După direcția de curgere a aburului în raport cu axa turbinei	1. Axiale 2. Radiale *a.* cu palete directoare fixe *b.* cu discurile mobile 3. Radial-axiale
	După numărul de fluxuri de abur în ultimele trepte	1. Cu un singur flux 2. Cu mai multe fluxuri 3. Cu trepte, în două etaje
	După construcția rotorului	1. Cu tambur 2. Cu discuri 3. Combinate
	După construcția rețelelor	1. Cu diafragme (de acțiune) 2. Fără diafragme (de reacțiune)
După felul reglajului	1. Prin admisie (ajutaje) 2. Prin laminare	
	1. Reglaj mecanic 2. Reglaj hidraulic	

Caracteristici. Din punctul de vedere al exploatării, turbinele sînt caracterizate prin următorii parametri:

— puterea P (kW);
— turația n (rot/min);
— turația critică n_c (rot/min);
— parametrii aburului la intrare p_1 (kgf/cm²), t_1 (°C);
— parametrii aburului la ieșire p_2 (kgf/cm²); t_2 (°C);
— randamentul.

Scanned with OKEN Scanner

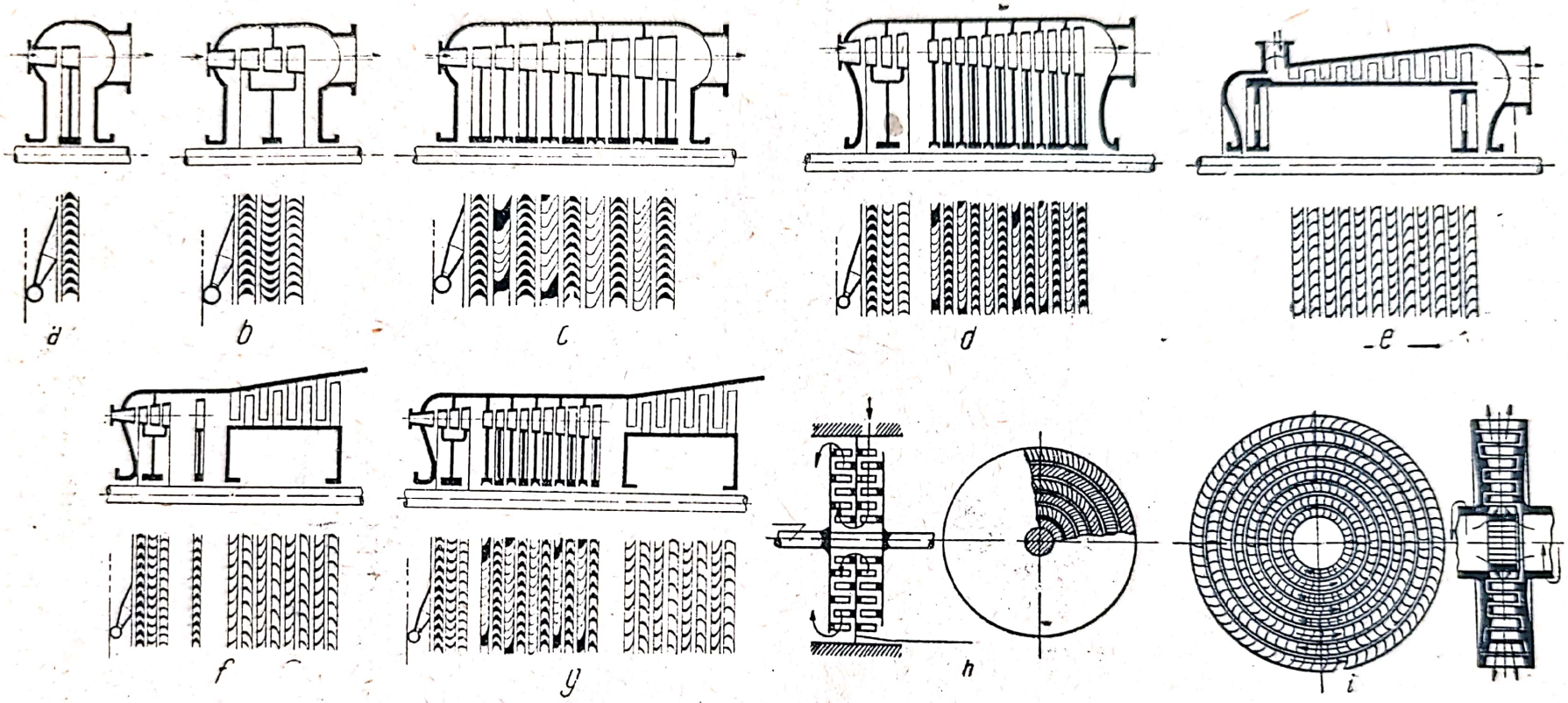


Fig. 7.3. Tipuri de turbine cu abur:

a — turbină cu o singură treaptă de presiune şi cu o singură treaptă de viteză (Laval); *b* — turbină cu două trepte de viteză (Curtiss); *c* — turbină cu trepte de presiune; *d* — turbină combinată, cu o roată Curtiss şi trepte de presiune; *e*—turbină cu reacţiune (Parson); *f*—turbină cu reacţiune combinată cu o roată Curtiss; *g*—turbină mixtă cu acţiune şi reacţiune; *h* — turbină radială cu reacţiune cu palete directoare fixe; *i* — turbină radială cu reacţiune, cu sensuri contrare de rotire a discurilor.

Scanned with OKEN Scanner

Acestor parametri li se mai adaugă o serie de alte valori caracteristice, ca:
— numărul de trepte, z;
— puterea medie pe o treaptă, $\frac{P}{z}$;
— greutatea totală a turbinei, G (kgf);
— greutatea celei mai grele părți (kgf).

Notarea turbinelor. Pentru turbinele construite în R.P.R., nu a fost stabilit, pînă în prezent, un sistem convențional de notare.

În prezent în Uniunea Sovietică se folosește un sistem de notare care atribuie fiecărui tip de turbină un indicativ format din patru părți. Prima parte, reprezentată prin litere, indică parametrii aburului la intrarea în turbină și tipul turbinei, astfel:

A — abur viu cu parametrii medii (29—35 kgf/cm²; 400—435°C);
V — abur viu cu parametrii înalți (90—120 kgf/cm²; 450—508°C);
SV — abur viu cu parametrii supraînalți (peste 120 kgf/cm²; peste 500°C);
M — turbină cu abur de emisie;
K — turbină cu condensator;
P — turbină cu priză de abur reglabilă, pentru utilizare industrială (4—13 kgf/cm²);
T — turbină cu priză reglabilă pentru termoficare (0,7—2,5 kgf/cm²);
R — turbină cu contrapresiune.

A doua parte reprezentată printr-un număr indică puterea nominală a turbinei în MW, iar a treia parte reprezentată tot printr-un număr indică numărul de ordine al variantei constructive din tipul de turbină dat.

A patra parte indică uzina constructoare.

Astfel, notația VPT-25-4-LMZ indică o turbină cu parametrii aburului la intrare 90 kgf/cm², 500°C (V) cu două prize de abur reglabile (una pentru utilizări industriale — P — și una pentru termoficare — T), cu condensație (litera K se omite), cu puterea de 25 MW, făcînd parte din a patra variantă constructivă a tipului respectiv, fabricată de uzina metalurgică din Leningrad (LMZ).

În noul proiect de GOST referitor la turbinele de abur se propune ca, în locul literelor A, V și SV, să se scrie numărul care indică presiunea aburului viu; de exemplu turbina VPT-25 se va nota 90-PT-25.

În R.P.R. se fabrică mai multe tipuri de turbine cu abur, la Combinatul Metalurgic Reșița (CMR), cu puteri pînă la 6 000 kW și cu caracteristicile indicate în tabela 7.6.

Alte tipuri de turbine. În prezent în Uniunea Sovietică sînt în curs de proiectare turbine cu puteri cuprinse între 500 și 1 000 MW.

În tabelele 7.7 și 7.8 sînt cuprinse caracteristicile principale ale unor turbine cu abur construite în Uniunea Sovietică.

În tabela 7.9 sînt cuprinse caracteristicile principale ale unor turbine construite în Republica Socialistă Cehoslovacă.

Exploatarea turbinelor cu abur. Turbina cu abur este o mașină complicată și gingașă, din cauza caracteristicilor ei constructive și de funcționare: jocuri mici între stator și rotor, mai ales la labirinți, turație mare (3 000—10 000 rot/min), dilatări datorite variațiilor de temperatură, care pot provoca atingerea rotorului de stator sau eforturi suplimentare în piese etc. Din aceste cauze instalația de turbină trebuie să fie exploatată cu grijă, de un personal bine pregătit, pe baza unor instrucțiuni de exploatare care țin seamă de parametrii aburului, de construcția, puterea și starea mașinii de schema termică etc. Cu

Tabela 7.6. Caracteristicile principale ale turbinelor cu abur construite în R.P.R. (UCMR)

Tipul turbinei	AC-3	ACS-4,5	AP3-1	AS3-TH	AS-6 *)	AKP-0,15	AK-0,1	AKP-3	TKP-1*)	AKSR-6	AKSL-3*)	AKTP-4	AKTR-4
Puterea nominală la bornele generatorului, kW	3000	4500**)	3000	3000	6000	150**)	100**)	3000	1000	6000	3000	4000	4000
Turația, rot/min	3000	2200—3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	6000	3000	3000	3000	3000
Presiunea aburului viu, kgf/cm²	36	36	36	36	36	36	36	36	15	36	36	35	36
Temperatura aburului viu, °C	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435	435
Consumul maxim de abur, tf/h	16	—	26	36	60	—	—	30	22	80	—	50	51
Presiunea aburului la priza reglabilă, kgf/cm²	—	—	4,5±1	13±1,5 2,5	11±2 3	—	—	—	—	11±2 3	13±1,5 2,5	15±2 3	15±2 3
Debitul maxim la priza reglabilă, tf/h	—	—	20	32	40	—	—	—	—	40	40	35	35

Scanned with OKEN Scanner

Debitul la priza reglabilă în regim economic, tf/h	—	—	—	26	30	—	—	—	—	20	30	12	5
Presiunea aburului la priza nereglabilă în regim economic, kgf/cm²	4,8	4,4	—	2,5	1,05	—	—	—	7	—	—	—	—
Debitul pe priza nereglabilă în regim economic, tf/h	—	2,5	—	2,5	2,8	—	—	—	3	—	—	—	—
Presiunea aburului la evacuare, kgf/cm²	0,05	0,08	0,05	0,08	0,08	4,5	1,5	3±1	4±1	6±1/2	1,2—2,5	3±1	5±1
Temperatura apei de răcire, °C	15	27	15	25	27	—	—	—	—	—	—	—	—
Debitul apei de răcire, m³/h	1100	1250	1000	1250	2030	—	—	—	—	—	—	—	90
Greutatea turbinei, circa, tf	22	22	25	22	36	1,6	0,7	17,5	11	24	—	21	21
Greutatea întregii instalații, fără generator, circa, tf	39	39	41	40	68	—	—	24,3	—	44	—	33	33

*) În curs de proiectare.
**) La cuplaj.

Tabela 7.7. Caracteristicile principale ale unor turbine cu abur cu parametrii înalți, construite în U.R.S.S.

Tipul turbinei		SKV-150-1	VK-100-2	VK-50-1	VK-25-1	VT-25-4	VPT-25-3	VR-25-2	VR-25-4
Uzina constructoare		LMZ	LMZ	LMZ	LMZ	LMZ	LMZ	HTGZ	LMZ
Puterea nominală,	kW	150 000	100 000	50 000	25 000	25 000	25 000	25 000	25 000
Turația,	rot/min	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Presiunea aburului viu,	kgf/cm²	170	90	90	90	90	90	90	90
Temperatura aburului viu,	°C	550	500	500	500	500	500	500	500
Prizele de abur reglabile:									
presiunea aburului,	kgf/cm²	—	—	—	—	1,2 ;2,5	1,2 ; 8	—	—
debitele maxime,	tf/h	—	—	—	—	100 ;75	100 ;130	—	—
Numărul de prize nereglabile		7	5	5	6	4	3	2	1
Presiunea aburului la evacuare,	kgf/cm²	0,030	0,033	0,036	0,04	0,056	0,056	18	18
Temperatura apei de răcire,	°C	10	10	10	15	20	20	—	15
Debitul apei de răcire,	m³/h	20 000	16 000	8 000	5 000	5 000	5 000	—	70
Debitul maxim de abur la condensator,	tf/h	—	276	143	76	76	76	—	—
Numărul de corpuri		3	2	1	1	1	1	1	1
Numărul de trepte		23	17	18	19	20	19	9	10
Greutatea turbinei,	tf	500	270	150	130	136	140	78,2	100
Greutatea rotorului de înaltă presiune,	tf	—	10,6	16,6	13,4	14,6	14,5	5,15	7,3
Greutatea rotorului de joasă presiune,	tf	—	22	—	—	—	—	—	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.8. **Caracteristicile principale ale unei turbine cu abur, cu parametrii medii, construite în U.R.S.S.**

Tipul turbinei		AK-100	AK-50-1	AK-50-2	AK-50	AP-50-1	AK-25-2	AT-25-2	AP-25-2
Uzina constructoare		HTGZ	LMZ	LMZ	HTGZ	LMZ	LMZ	LMZ	LMZ
Puterea nominală,	kW	100 000	50 000	50 000	50 000	50 000	25 000	25 000	25 000
Turaţia,	rot/min	1 500	1 500	3 000	1 500	3 000	3 000	3 000	3 000
Presiunea aburului viu,	kgf/cm²	29	29	29	29	29	29	29	29
Temperatura aburului viu,	°C	400	400	400	400	400	400	400	400
Prizele de abur reglabile:									
presiunile aburului,	kgf/cm²	—	—	—	—	6;8	—	1,2;2,0	8; 13
debitele maxime,	tf/h	—	—	—	—	200	—	100	150;150
Numărul de prize nereglabile		3	4	3	3	3	3	2	2
Presiunea aburului la evacuare,	kgf/cm²	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	—	0,075
Temperatura apei de răcire,	°C	15	15	15	15	15	25	15	20
Debitul de apă de răcire,	m³/h	—	11 100	11 000	11 500	13 000	5 500	5 000	5 000
Debitul maxim de abur la condensator,	tf/h	—	185	185	—	185	105	105	107
Numărul de corpuri		2	2	1	1	2	2	2	1
Numărul de trepte		20	40	12	17	12	25	25	15
Greutatea turbinei,	tf	485	240	130	241	220	90	90	128
Greutatea celor mai grele părţi ale turbinei,	tf	110	31,5	40	65	40	17	—	40
Greutatea totală a rotorului de înaltă presiune,	tf	35	6,55	16,5	36	6,6	4,85	—	14,7
Greutatea totală a rotorului de joasă presiune,	tf	35	26,0	—	—	16,0	7,1	7,1	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.9. Caracteristicile principale ale unor turbine construite în R. S. C.

Tipul turbinei	Skoda VK 100 cu supraîncălzire intermediară	Erste Brünner			
Puterea nominală la bornele generatorului, kW	100 000	25 000	25 000	20 000	8 500
Turația, rot/min	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Presiunea aburului viu, kgf/cm²	135/35	90	20	56	59
Temperatura aburului viu, °C	555/540	535	390	460	460
Consumul maxim de abur, tf/h	—	—	—	86	86
Presiunea aburului la priza reglabilă, kgf/cm²	—	—	2,5	—	15±2
Debitul maxim la priza reglabilă, tf/h	—	—	80	—	47
Numărul de prize nereglabile	7	—	—	4	1
Presiunea aburului la evacuare, kgf/cm²	—	—	—	—	4±1
Temperatura apei de răcire, °C	15	15	15	15	—

toate că acești factori sînt diferiți de la o instalație la alta, există o serie de instrucțiuni principale, comune diferitelor tipuri de turbine cu abur, care prevăd măsurile generale care trebuie respectate pentru a se realiza un mers sigur și economic al instalației. Astfel:

Înainte de a fi pusă în funcțiune turbina, trebuie să se verifice: curățenia și starea instalației, nivelul și aspectul uleiului în rezervorul de ulei, pompele de ulei, elementele instalației de condensare, starea aparatelor de măsurat și de control, temperatura și presiunea aburului proaspăt etc.

După aceasta se încălzesc conductele de abur proaspăt și se ridică presiunea; această operație trebuie executată încet (în 10—15 min), pentru a se putea evacua apa provenită din condensarea aburului în contact cu conducta rece, evitîndu-se astfel degradarea garniturilor, șocurile hidraulice și avarierea paletelor turbinei.

În timpul încălzirii conductelor de abur, se pune în funcțiune instalația de condensare și se pornește pompa auxiliară de ulei.

Pentru a se produce depresiune în condensator se pune în funcțiune ejectorul rapid de pornire.

Cînd depresiunea în condensator a atins valoarea de 400—500 mm Hg și presiunea de ulei în circuitul de reglare este normală, se pornește rotorul turbinei prin deschiderea bruscă, de scurtă durată, a ventilului principal de

pornire. Pornirea trebuie făcută încet, deoarece rotorul dilatîndu-se mai repede decît statorul, s-ar putea produce atingeri. Timpul de încălzire depinde de presiune, de putere, de tipul rotorului, de numărul de corpuri etc. și trebuie să fie precizat în instrucțiunile tehnice de exploatare ale turbinei. Încălzirea se realizează trecîndu-se prin turbină un debit mic de abur, astfel încît rotorul să se rotească lent (circa 200—400 rot/min). Este interzisă încălzirea turbinei, cu rotorul în stare de repaus.

În timpul pornirii se ascultă cu atenție turbina. Dată fiind turația mică, se pot auzi clar eventualele atingeri dintre rotor și stator. Dacă se aud zgomote anormale, se va opri turbina și se va deschide carcasa, pentru a se stabili cauza zgomotelor.

În tot timpul încălzirii se va verifica dilatarea turbinei, deplasarea rotorului față de carcasă și vibrația lagărelor (v. tabela 7.10).

După trecerea intervalului de timp prescris pentru încălzire se mărește treptat turația cu circa 5% din turația nominală pe minut. Dacă apar vibrații anormale, turația se va reduce pînă cînd acestea dispar. După 10—15 min se va relua mărirea treptată a turației. Apariția vibrațiilor la pornire se datorește de obicei uleiului prea rece, care unge insuficient lagărele sau treceri prin turația critică, la turbinele cu arbore elastic. În cazul din urmă cînd turația se apropie de valoarea critică (indicată de uzina constructoare), se va mări repede turația și se va depăși valoarea critică într-un timp cît mai scurt pentru ca turbina să nu aibă timp să vibreze.

Cînd turația ajunge la circa 50% din cea nominală, se trimite abur proaspăt la labirinți și se oprește turbopompa auxiliară de ulei.

La mersul în gol se verifică automatul de siguranță și sistemul de reglare (v. tabela 7.10); se verifică temperatura și vibrațiile lagărelor, zgomotele anormale, eventualele pierderi de ulei etc. și dacă totul este normal se mărește încărcarea turbinei cu circa 5% din puterea nominală, pe minut.

Pornirea turbinei la puțin timp după ce a fost oprită, trebuie făcută cu precauții speciale din cauza deformării rotorului la răcire. Pentru a se evita deformarea rotorului acesta trebuie rotit. La turbinele prevăzute cu viror rotirea se face continuu cu ajutorul acestuia. La turbinele fără viror rotirea se face manual, cu cîte o jumătate de rotație la fiecare 1/2—1 oră. La acestea trebuie prevăzut în instrucțiunile interne de exploatare intervalul de timp după oprirea turbinei, în cursul căruia nu se admite o a doua pornire a ei.

În timpul exploatării, instalația de turbină cu abur trebuie supusă verificărilor indicate în tabela 7.10.

Pentru oprirea normală a turbinei, se descarcă sarcina, se oprește curgerea condensatului spre rezervorul de alimentare, se stabilește circulația condensatului în circuit închis și se declanșează automatul de siguranță. Turația turbinei începe să scadă. Cînd presiunea uleiului a scăzut la valoarea prescrisă în instrucțiuni (circa 2 kgf/cm^2) se pornește pompa auxiliară de ulei, după ce a fost verificată în prealabil înainte de oprirea turbinei. Cînd rotorul s-a oprit complet se închide intrarea aburului viu la labirinți. Pompa auxiliară de ulei va continua să funcționeze timp de minimum 15—20 min după oprirea rotorului pentru a asigura răcirea lagărelor și a rotorului. Instalația de condensare va continua să funcționeze cu debit redus, pînă la oprirea totală a turbinei. Apoi se va opri și ea. Se deschid robinetele de drenaj ale turbinei și ale conductei principale de abur și se închide ventilul principal de abur.

O turbină trebuie imediat oprită, prin acționarea automatului de siguranță, în următoarele cazuri:

— la apariția pe neașteptate a unor vibrații puternice;

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.10. **Verificarea instalației de turbină cu abur**

	Ce se verifică	Cînd se verifică	Cum se verifică
1	Sistemul de reglare	La pornire	Sistemul de reglare al turbinei trebuie verificat dacă satisface următoarele condiții: — dacă menține, funcționarea stabilă a turbinei la mersul în gol, cînd ventilele de pornire sînt deschise complet; — dacă asigură, la variația sarcinii, o deplasare fără șocuri a ventilelor de reglare; — dacă menține, la scăderea bruscă a sarcinii de la plină sarcină la zero, o viteză de rotație a turbinei, care să nu provoace intrarea în funcțiune a automatului de siguranță; — dacă asigură o închidere etanșă a ventilelor de reglare.
2	Automatul de siguranță	La pornire; după fiecare demontare a sistemului de reglare și după fiecare 2 000 h de funcționare a turbinei	Se declanșează manual turbina la turația nominală pentru a se verifica dacă ventilul de închidere rapidă funcționează normal; se mărește apoi treptat turația; automatul de siguranță trebuie să intre în funcțiune la o creștere a turației turbinei cu 10% peste cea nominală sau la cea indicată de fabrica constructoare. La turbinele care au dispozitive pentru încercarea automatului de siguranță fără mărirea turației, verificarea se va executa cu acest dispozitiv; după reparația sistemului de reglare al acestor turbine, verificarea automatului de siguranță se va executa printr-o mărire a turației.
3	Ventilul de închidere rapidă	Zilnic	Prin mișcarea tijei cu cîțiva centimetri
4	Dilatarea turbinei	La pornire și la oprire	

Scanned with OKEN Scanner

5	Deplasarea rotorului față de carcasă	La mersul în gol și la preluarea sarcinii de către turbină; la variații bruște ale regimului de funcționare; la primirea-predarea schimbului	Se citește poziția rotorului față de carcasă la indicatorul de deplasare axială
6	Turbopompa auxiliară de ulei și electropompa de rezervă	Săptămînal și înaintea fiecărei opriri a turbinei, iar dispozitivele lor de pornire automată la fiecare oprire	Se pornesc conform instrucțiunilor interne de exploatare
7	Pompele de condensat, de răcire, de drenaj și de apă industrială	La două săptămîni	În cazul cînd aceste utilaje au unități de rezervă, vor fi puse alternativ în funcțiune, astfel încît rămînerea în rezervă a fiecăreia dintre ele să nu depășească două săptămîni
8	Ejectoare principale cu abur	Săptămînal	Dacă există două ejectoare principale cu abur ele vor fi puse alternativ în funcțiune, în fiecare săptămînă
9	Etanșeitatea condensatorului față de aer	La pornire și săptămînal	
10	Etanșeitatea condensatorului față de apă	La pornire, zilnic și orar	Orar se citesc indicațiile aparatului pentru indicarea conductivității electrice a condensatului (μS); la pornire și zilnic se face controlul chimic al calității condensatului

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.10 (continuare)

	Ce se verifică	Cînd se verifică	Cum se verifică
11	Depunerile de săruri	La termenele stabilite prin instrucțiunile tehnice interne	Se verifică presiunile și căderile de presiune în trepte și gradul de deschidere a ventilelor de admisie a aburului la diferite regimuri de funcționare
12	Durata de rotire la oprire	La toate opririle turbinei	Se cronometrează durata de rotire a rotorului turbinei pînă la oprire. La o abatere de la durata normală, se va căuta cauza și se vor lua măsuri pentru înlăturarea ei
13	Vibrația lagărelor turbinelor	Lunar; la o creștere vizibilă a vibrației lagărelor, înainte de intrarea agregatului în reparația capitală și la punerea în funcțiune după reparația capitală	Vibrațiile trebuie măsurate în trei direcții (verticală, longitudinală și transversală), pe capacele lagărelor și calificate după următoarea scară: Turația turbinei, rot/min — Foarte bine, mm — Bine, mm — Satisfăcător, mm 1500 — Pînă la 0,03 — Pînă la 0,05 — Pînă la 0,07 3000 — Pînă la 0,02 — Pînă la 0,03 — Pînă la 0,05 Turbinele cu vibrații, care nu îndeplinesc cel puțin calificativul vibrației „satisfăcător" pot fi menținute în exploatare numai cu aprobarea inginerului șef al întreprinderii, luîndu-se în același timp măsuri pentru înlăturarea vibrației
14	Parametrii normali ai aburului, ai vidului optim și ai unei răciri minime a condensatorului; temperatura lagărelor	Orar	Prin citirea aparatelor de măsurat respective

Scanned with OKEN Scanner

15	Interstiţiile din partea de trecere a aburului prin turbină, lagăre, etanşări etc.	La reparaţii capitale	Conform „Instrucţiunilor de reparare".
16	Aparatele de măsurat şi de control	La reparaţii şi la termenele scadente stabilite prin instrucţiunile D.V.M. din D.G.M.S.I.	Verificările de stat ale aparatelor de măsurare le execută Direcţia de Verificări Metrologice (D.V.M.) la termenele scadente stabilite prin instrucţiunile D.G.M.S.I. (v. cap. 13). Verificările interne se fac cu organele proprii ale Intreprinderii sau în cazul cînd acestea lipsesc, se fac cu concursul unităţilor autorizate de D.V.M. în acest scop. Perioada la care trebuie asigurată verificarea internă se stabileşte astfel încît între două verificări de stat, să se facă cel puţin o verificare internă.
17	Caracteristicile termice ale instalaţiei de turbină	La ieşirea instalaţiei din reparaţie capitală şi maximum după 50 000 ore de funcţionare Ele trebuie efectuate şi atunci cînd, în timpul exploatării, au apărut situaţii de natură să modifice consumul de abur al turbinei (modificări constructive sau modificări în schema termică, înfundare cu săruri care nu au putut fi îndepărtate prin spălare, mărirea jocurilor de labirinţi etc.)	Se verifică conform „Instrucţiunilor de recepţie a instalaţiilor de turbine cu abur" elaborate de M.M.E.E.

Scanned with OKEN Scanner

— la apariția unor zgomote metalice în turbină;
— la o deplasare axială a rotorului, care depășește deplasarea limită stabilită,
— la șocuri hidraulice;
— la neintrarea în funcțiune a automatului de siguranță, la o creștere a turației turbinei pînă la valoarea la care este reglat;
— la scăderea nivelului în rezervorul de ulei, sub nivelul inferior limită;
— la aprinderea uleiului în sistemul de ulei al turbinei și la imposibilitatea de a se stinge repede focul;
— la apariția fumului la lagăre.

La înțepenirea ventilelor de reglare și la imposibilitatea lichidării acestui deranjament în mers, turbina trebuie descărcată și oprită prin închiderea ventilului principal.

Turbina mai trebuie oprită și în următoarele cazuri:
— la scăderea bruscă a depresiunii în condensator;
— la apariția unor defecte grave în instalațiile serviciilor interne (defectarea pompei de circulație etc.);
— cînd se constată că uleiul de ungere conține apă;
— cînd se constată neetanșeități la condensator;
— cînd se constată că temperatura uleiului (în orice punct al circuitului) a depășit limita admisibilă.

Oprirea turbinei în aceste cazuri se va face după ce s-a încercat dar nu s-au putut înlătura defectele—și numai cu aprobarea prealabilă a inginerului de serviciu sau a forului ierarhic superior șefului de tură.

Întreținerea turbinei oprite aflate în rezervă. În perioada de nefuncționare a pieselor interioare ale turbinei, acestea sînt expuse ruginirii. De aceea este necesar ca în cazul unei opriri de lungă durată, să se îndepărteze umezeala din turbină, să se împiedice intrarea altei umezeli și să se protejeze piesele prin ungere cu vaselină pură, fără urme de acizi. Pentru îndepărtarea umezelii trebuie să se deschidă la oprire toate robinetele de drenare, astfel încît apa produsă prin condensarea aburului să se poată scurge. Uneori pentru absorbirea apei se introduce prin capacele de vizitare clorură de calciu sau var nestins (0,5 kgf, respectiv 2 kgf pentru fiecare m^3 de volum al turbinei).

Pentru a se evita intrarea umezelii, se închide ermetic interiorul turbinei montîndu-se flanșe oarbe la conductele principale, închizîndu-se robinetele de drenare și turnîndu-se ulei în labirinți.

Documentația turbinei. Fiecare instalație de turbină trebuie să aibă: fișa tehnică, cu datele de construcție, de exploatare și de încercare; procesele verbale pentru predarea în exploatare după reparare; registrul jurnal operativ; registrul de defecte și deranjamente; foi de raport zilnic și registrul pentru înscrierea dispozițiilor date de personalul tehnic superior.

Personalul de exploatare și responsabilul sălii turbinelor trebuie să țină la zi aceste documente.

Avariile turbinelor cu abur. Principalele condiții pentru funcționarea continuă și fără avarii a instalațiilor de turbine sînt:
— deservirea lor conform instrucțiunilor de exploatare;
— repararea lor la timp și în bune condiții conform instrucțiunilor de reparare;
— controlul preventiv al instalațiilor spre a se putea găsi din timp cauzele eventualelor avarii:
— instruirea personalului care trebuie să cunoască perfect construcția, caracteristicile și modul de funcționare al instalațiilor pe care le deservește;

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.11. **Avariile paletelor turbinelor cu abur**

Avariile	Simptomele	Cauzele	Măsurile de remediere
1. Ruperea paletelor și a bandajelor sau a sîrmelor de legătură și desprinderea părților rupte	Sunete metalice în turbină; creșterea conținutului de săruri în condensat în cazul găuririi sau ruperii țevilor condensatorului; creșterea vibrațiilor lagărelor datorită dezechilibrării rotorului în urma desprinderii paletelor rupte	*a.* Intrarea în rezonanță a paletelor din următoarele cauze: — greșeli de proiectare, de construcție sau de montare; — funcționarea turbinei la o turație diferită de cea nominală; — dezechilibrarea rotorului; — funcționarea defectuoasă a lagărului axial	*a.* Evitarea intrării în rezonanță a paletelor prin: — proiectare, construcție și montare corectă a paletelor; — funcționarea turbinei la viteza nominală; — evitarea dezechilibrării rotorului prin: măsuri împotriva depunerilor de săruri, a coroziunilor și a eroziunilor; curățirea rotorului de depuneri cu ocazia reparațiilor; echilibrarea corectă statică și dinamică a rotorului la montare sau după avarii care au provocat dezechilibrarea lui; — evitarea cauzelor care pot produce funcționarea defectuoasă a lagărului axial (înrăutățirea ungerii și a răcirii lagărului, creșterea forței axiale, care lucrează asupra rotorului în cazul șocurilor hidraulice sau în cazul modificării bruște a regimului de funcționare a turbinei, calitate necorespunzătoare a compoziției de lagăre sau prezența în stratul de compoziție a unor corpuri străine, încărcarea neuniformă a segmentelor lagărului, dilatării neuniforme a cutiei lagărului etc.); — controlul frecvenței proprii de oscilație a paletelor prin metoda oscilografică, pentru a se aprecia gradul lor de fixare;

Tabela 7.11 (continuare)

Avariile	Simptomele	Cauzele	Măsurile de remediere
			— modificarea frecvenței proprii a paletelor prin montarea unor sîrme de întărire suplimentare, schimbarea diametrului sîrmelor existente, modificarea numărului de palete care alcătuiesc un pachet etc.; — v. măsurile indicate în tabela 7.12
		b. Oboseala materialului paletelor după un timp îndelungat de funcționare (80 000—100 000 h)	*b.* Repaletarea turbinei
		c. Calitatea inferioară a materialului paletelor	*c.* și *d.* — Construirea paletelor din materiale corespunzătoare parametrilor turbinei; — Înlocuirea șirurilor de palete necorespunzătoare, cu ocazia reparațiilor
		d. Defecte de fabricație	
		e. Funcționarea cu debite de abur prea mari	*e.* Se va evita supraîncărcarea turbinei sau a prizelor de abur
		f. Atingerea paletelor rotorului de carcasă sau de diafragme	*f.* — Se va respecta timpul de încălzire și de pornire a turbinei;

Scanned with OKEN Scanner

			— Se vor evita cauzele care pot produce funcționarea defectuoasă a lagărului axial (v. punctul *a*); — Se vor evita cauzele care pot produce vibrația anormală a rotorului (v. tabela 7.12)
		g. Eroziunea și coroziunea paletelor	*g.* — Se vor respecta parametrii aburului viu: presiunea, temperatura, conținutul în săruri, titlul; temperatura minimă a aburului la intrarea în turbină nu trebuie să scadă cu mai mult de 12% sub cea nominală; se va degaza corect apa de alimentare a cazanelor pentru a se evita introducerea oxigenului și a bioxidului de carbon o dată cu aburul, în turbină; se va epura corect apa de alimentare a cazanelor pentru a se evita impurificarea aburului, formarea depunerilor și apariția coroziunilor (v. tabela 8.4 Indicii de calitate ai apei de alimentare și ai apei din cazan); se va evita depășirea depresiunii normale din condensator și subrăcirea condensatului; se vor lua măsurile necesare pentru păstrarea uscată a turbinei în timpul opririlor de lungă durată, așa cum s-a arătat mai înainte
		h. Pătrunderea unui corp străin în turbină sau ruperea unei palete dintr-o treaptă oarecare	*h.* — Cu ocazia reparațiilor se va controla sita ventilului principal de abur și se va repara sau înlocui, după nevoie; — La fiecare deschidere a carcasei se vor controla cu atenție paletele, diafragmele, canalele etc., spre a se descoperi eventualele corpuri străine, bucăți de piatră venite din cazan etc.

Tabela 7.11 (continuare)

Avariile	Simptomele	Cauzele	Măsurile de remediere
			— Turbina va fi reparată cu grijă pentru a se evita în timpnl funcționării ruperea sitei de abur a ventilelor, a labirinților, a diafragmelor, a paletelor etc. ale căror sfărîmături ar putea deteriora paletele și țevile condensatorului; — În timpul opririlor pentru reparare turbina deschisă va fi acoperită cu o prelată pentru a se evita pătrunderea unor corpuri străine; — Lucrătorii echipelor de reparații nu vor purta in buzunare piese sau scule care ar putea cădea fără știrea lor în turbina deschisă
2. Fisurarea sau ruperea paletelor, fără desprinderea părților rupte	Aceste avarii pot fi constatate numai la deschiderea turbinei prin examinarea atentă a rotorului și statorului	Cauzele acestor avarii sînt identice cu cele care produc ruperea paletelor cu desprinderea părților rupte	Măsurile de remediere sînt aceleași ca la punctul 1. Paletele trebuie curățite bine de depuneri și de rugină pentru a se putea observa fisurile. Fisurile foarte mici pot fi descoperite prin proba magnetică
3. Deformarea prin lovire și frecare a paletelor	Poate fi constatată numai la deschiderea turbinei, prin examinarea atentă a rotorului și statorului	*a*. Lovirea paletelor de către un corp străin care a pătruns în turbină	*a*. Același ca la punctul 1 *h*
		b. Modificarea jocurilor axiale și radiale dintre palete și piesele fixe ale turbinei	*b*. Se vor evita: dilatările anormale ale turbinei; supraîncărcarea; apariția vibrațiilor anormale. Modificarea parametrilor aburului viu precum și supraîncărcarea turbinei se vor putea face numai cu avizul uzinei constructoare

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.12. **Vibrațiile turbinelor**

Simptomele	Cauzele	Măsurile de remediere
Vibrații la pornirea turbinei. Vibrațiile se accentuează cu creșterea turației și încetează după o funcționare îndelungată	Încălzirea neuniformă a turbinei	Este interzisă încălzirea turbinei cu rotorul oprit. Dacă se ivesc vibrații în timpul pornirii turbinei se va reduce turația pînă la încetarea vibrațiilor
	Atingeri datorite deformațiilor termice; lipsa jocului între discuri	La opririle de scurtă durată ale turbinei se va roti rotorul cu 180° la fiecare 1/2—1 h. Se va mări jocul între discuri pînă la valoarea normală
	Temperatură prea joasă a uleiului în lagăre	Se va prelungi timpul de învîrtire a rotorului la turație mică pentru a se încălzi uleiul. Se va deschide intrarea apei în răcitorul de ulei, numai după ce uleiul a atins temperatura de 40°C
	Turbina se află la turație critică	La pornire se va depăși rapid turația critică
Vibrații numai cu generatorul excitat; mers liniștit în lipsa excitației	Punere la pămînt a bobinelor rotorice ale generatorului	Se va verifica izolația rotorului și se va izola locul defect
Vibrații la mersul în gol, atît cu excitație cît și fără; vibrațiile scad cu sarcina. Vibrațiile apar la lagărul mijlociu	Murdăria canalelor de ventilație ale rotorului generatorului	Se vor curăți canalele de ventilație ale rotorului generatorului
	Dezechilibrarea rotorului generatorului în urma deplasării bobinelor sau deformării lor	Dacă bobinele sînt în stare mecanică bună se va executa balansarea dinamică a rotorului la turația nominală
	Dezechilibrarea excitatoarei	Se va verifica cuplarea rotorului excitatoarei cu rotorul generatorului și se vor executa corecturile necesare

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.12 (continuare)

Simptomele	Cauzele	Măsurile de remediere
Vibrațiile se observă la turbină mai accentuate la lagărul din față	Tensiuni la carcasă din cauza legării incorecte a conductelor de abur viu sau a conductelor de abur la prize, cum și din cauză că este împiedicată deplasarea normală a corpului lagărului din față, la dilatarea turbinei	După oprirea turbinei se vor demonta conductele de abur și se va verifica în stare caldă lipsa unor tensiuni la asamblare. Se va verifica posibilitatea de deplasare normală a corpului lagărului din față
	Asamblarea defectuoasă a condensatorului cu carcasa; nu există un dispozitiv pentru compensarea dilatărilor	Se va verifica posibilitatea compensării dilatării la asamblarea dintre condensator și carcasă
	Înțepeniri în angrenajul melcat al acționării regulatorului și al pompei principale de ulei	Se va verifica reglajul angrenajului melcat și se va corecta dacă este nevoie
	Atingeri la etanșări ca urmare a unor jocuri insuficiente	În cazul etanșărilor cu labirinți, se va deschide carcasa și se vor corecta jocurile. La etanșări cu cărbune, se vor aduce jocurile pînă la normal, prin funcționarea îndelungată la turație mică
	Deformarea arborelui	Se va verifica arborele cu ajutorul indicatorului și se va îndrepta dacă este nevoie

Scanned with OKEN Scanner

	Dezechilibrarea rotorului turbinei în urma deteriorării unor piese componente sau depunerilor pe palete	Se va deschide carcasa; se vor repara sau înlocui piesele deteriorate, se va curăți rotorul de depuneri și apoi se va echilibra static și dinamic
	Slăbirea fixării sau crăpături în piesele rotorului	Se va verifica fixarea pieselor pe arbore și se vor executa corectările necesare
Vibrațiile se observă la anumite lagăre	Fixarea slabă a cuzinetului în corpul lagărului	Se va verifica cu sîrmă de plumb jocul cuzinetului față de capacul lagărului și la nevoie se va mări strîngerea capacului
	Jocuri insuficiente între fusul arborelui și cuzinet	Se va verifica funcționarea cuzinetului și jocurile din acesta cu ajutorul sîrmei de plumb și al unui calibru. La nevoie, se va ajusta cuzinetul și se vor mări jocurile superior și lateral
	Desprinderea ramei de fundație de pe fundație	Se va verifica fixarea etanșă a ramei la fundație și la nevoie se va turna din nou în beton rama de fundație

Scanned with OKEN Scanner

— ținerea la zi a evidențelor cu starea reală a instalațiilor;
— analizarea aprofundată a avariilor survenite pentru găsirea adevăratelor cauze și pentru luarea măsurilor necesare de evitare a unor avarii viitoare.

Avariile turbinelor cu abur sînt numeroase și variate.

În tabelele 7.11 și 7.12 sînt analizate numai unele avarii mai importante

7.3. MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ

Motoarele cu ardere internă sînt mașini termice în care atît procesul de transformare a energiei chimice a combustibilului în energie termică, prin ardere, cît și procesul de transformare a energiei termice în energie mecanică, se desfășoară în interiorul motorului (în cilindru) spre deosebire de mașinile cu abur (mașini cu ardere externă) la care arderea combustibilului are loc în cazane generatoare de abur, deci în exteriorul mașinii.

Deoarece trecerea de la o formă de energie la alta se face în mod direct, fără intervenția unui alt agent deosebit de produsele de ardere (aburul în speță), motoarele cu ardere internă au un randament mai mare și prezintă o construcție compactă (gabarite reduse) în raport cu celelalte instalații și mașini termice.

Aceste avantaje cum și altele (pornirea și punerea în sarcină foarte rapidă, consum de apă de răcire redus, materiale de construcție relativ ieftine) au făcut ca motoarele cu ardere internă să aibă o mare răspîndire ca unități de putere mică și mijlocie.

Utilizarea mai deplină a combustibilului la aceste motoare prezintă dezavantajul că necesită combustibili speciali, deci mai scumpi, pe cînd aburul necesar funcționării mașinilor cu abur, este produs cu ajutorul unor combustibili inferiori.

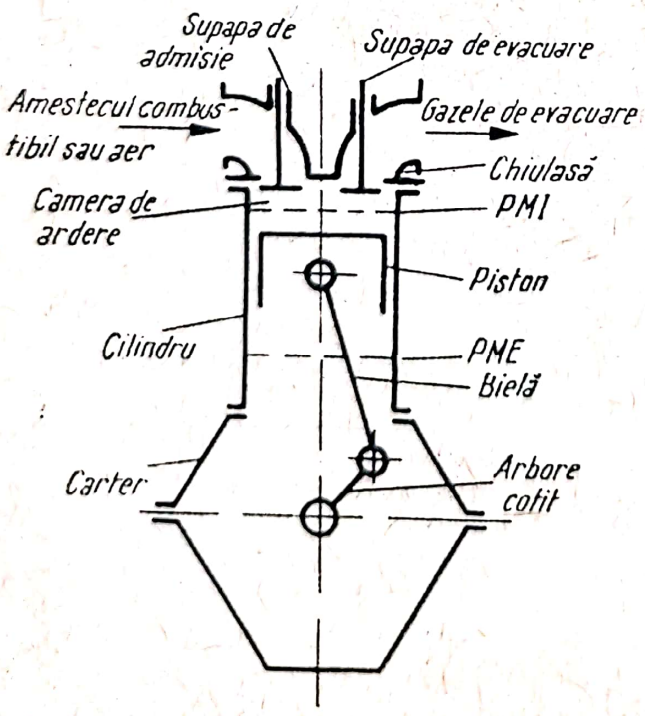


Fig. 7.4. Schema motorului cu ardere internă.

Motoarele cu ardere internă mai prezintă și alte dezavantaje: nu pot porni singure, nu realizează mișcarea de rotație în mod organic, ci prin intermediul mecanismului bielă-manivelă; la puteri mari (peste 20 000 CP) sînt mai complicate și mai voluminoase decît instalațiile cu turbine cu abur.

Aceste avantaje și dezavantaje au făcut ca motoarele cu ardere internă să-și găsească utilizare în domenii și condiții bine determinate ca: autovehicule de toate felurile (terestre, navale, aeriene), tractoare, grupuri electrogeneratoare, turbosuflante etc.

Construcție și funcționare. În fig. 7.4 este reprezentat schematic

un motor cu ardere internă, iar în tabela 7.13 sînt indicate piesele componente ale acestor motoare.

Tabela 7.13. **Piesele componente ale motoarelor cu ardere internă**

Subansamblul	Organele componente
Carcasa (corpul motorului)	Placa de fundaţie (de fixare) Carterul Baia de ulei Lagărele Cilindrul Chiulasa
Organe de lucru	Pistonul Bolţul Biela Arborele cotit Volantul
Organe de distribuţie (a aerului, a amestecului carburant, a produselor arderii)	Supape de aspiraţie Supape de evacuare Culbutori Tacheţi Arbore cu came Roţi dinţate de antrenare a arborelui cu came
Organe de alimentare cu combustibil şi de reglare	Rezervorul de combustibil La motoarele cu electroaprindere: carburator La motoarele diesel şi semi-diesel: — pompe de injecţie — injectoare — regulator — transmisia de la regulator la pompele de injecţie — compresor (în cazul motoarelor cu supraalimentare) La motorul cu gaz: — dispozitive pentru amestecarea gazelor — regulatorul şi transmisia spre organele de reglare
Organele de aprindere	La motoarele cu electroaprindere: — bujii — acumulator — bobină de inducţie (magnetou) — distribuitor
Instalaţia de ungere	Ungătoare prin picurare Pompe de ulei Filtre Răcitoare de ulei Conducte

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.13 (continuare)

Subansamblul	Organele componente
Instalația de răcire	La motoarele răcite cu apă: — pompele de apă — cămășile cilindrilor și chiulaselor — radiatoare — turnuri de răcire La motoarele răcite cu aer: — nervurile (aripioarele) de răcire ale cilindrilor și chiulaselor
Instalația de pornire	Manivelă de pornire Electromotor pentru pornire (demaror) Butelii de pornire (cu aer sau cu gaze) Motor auxiliar

La motoarele cu ardere internă spre deosebire de mașina cu abur, nu toate cursele sînt active. O cursă simplă activă se numește *timp motor*. După cum fiecare al patrulea timp sau al doilea timp este un timp motor, se deosebesc motoare care lucrează în patru timpi sau în doi timpi.

Cu ajutorul fig. 7.5 și a tabelei 7.14 se poate urmări cum funcționează motoarele interne în patru timpi.

Ansamblul procedeelor prezentate în tabela 7.14 formează *ciclul de lucru* al motorului. În timpul transformărilor de stare, care alcătuiesc ciclul, variază volumul, presiunea și temperatura gazelor din cilindru.

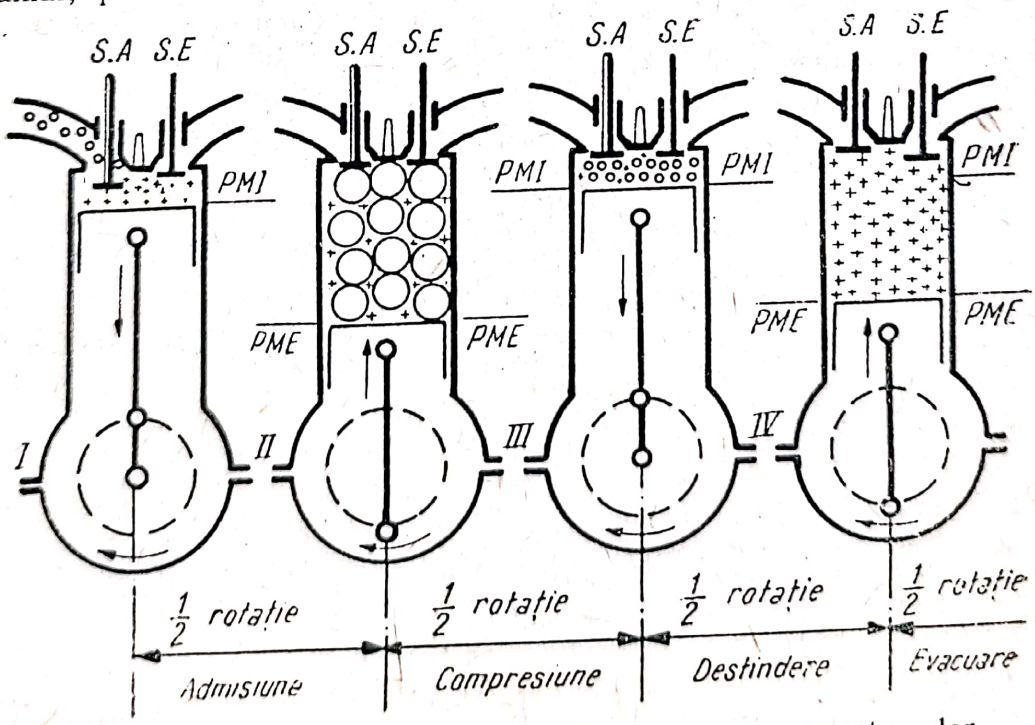


Fig. 7.5. Reprezentarea schematică a funcționării motoarelor cu ardere interne.

Tabela 7.14. **Funcționarea motoarelor cu ardere internă în patru timpi**

Timpul	Poziția supapelor	Deplasarea pistonului	Procesul care are loc în:	
			Motorul cu electroaprindere	Motorul cu autoaprindere
I. Admisia	*SA* — deschisă *SE* — închisă	Pistonul se deplasează de la *PMI* spre *PME*, creînd în cilindru o depresiune	Datorită depresiunii creată de piston, se absoarbe în cilindru amestecul carburant (gaze proaspete)	Datorită depresiunii creată de piston, se absoarbe în cilindru aer de ardere
II. Comprimarea	*SA* — închisă *SE* — închisă	Pistonul se deplasează de la *PME* spre *PMI*	Amestecul carburant este comprimat; volumul lui se micșorează, în timp ce temperatura și presiunea cresc	Aerul este comprimat puternic; volumul lui se micșorează în timp ce presiunea și temperatura cresc mult
III. Arderea și destinderea	*SA* — închisă *SE* — închisă	Pistonul se deplasează de la *PMI* spre *PME*	La sfîrșitul cursei de comprimare, dispozitivul de aprindere provoacă scînteia electrică în bujie; amestecul carburant se aprinde și arde brusc, mărindu-și temperatura și presiunea; gazele destinzîndu-se împing pistonul de la *PMI* spre *PME*; acesta este timpul motor	La sfîrșitul cursei de comprimare se pulverizează în cilindru prin injector, o cantitate de combustibil care în contact cu aerul fierbinte, se aprinde și arde; gazele de ardere destinzîndu-se împing pistonul de la *PMI* spre *PME*; acesta este timpul motor
IV. Evacuarea	*SA* — închisă *SE* — deschisă	Pistonul se deplasează de la *PME* spre *PMI*	Spre sfîrșitul cursei de destindere se deschide supapa de evacuare și gazele arse sînt evacuate liber în atmosferă; în timpul cursei pistonului de la *PME* spre *PMI* gazele sînt împinse de piston afară din cilindru; această fază se numește evacuarea forțată	La fel ca la motorul cu aprindere prin scînteie

SA — supapă de admisie; *SE* — supapă de evacuare; *PME* — punct mort exterior; *PMI* — punct mort interior.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece fenomenele reale care se desfășoară în cilindrul motorului sînt complexe și greu de urmărit prin calcul, se fac anumite ipoteze simplificatoare obținîndu-se astfel cicluri teoretice de funcționare a motoarelor.

Parametrii principali ai motoarelor cu ardere internă cu piston. Puterea efectivă P_e este puterea la cuplă a motorului și se calculează cu formula:

$$P_e = \frac{P_e \cdot V \cdot n \cdot C_a}{75 \cdot 60} \quad [\text{CP}], \tag{7.3}$$

în care: P_e este presiunea medie efectivă, în kgf/cm²;
V — cilindreea totală, în l;
n — turația nominală, în rot/min;
C_a — numărul de curse active ale pistonului în timpul unei rotații a arborelui cotit; pentru motoarele în doi timpi $C_a = 1/2$, iar pentru cele în patru timpi $C_a = 1$.

Puterea efectivă se măsoară prin încărcarea motorului cu o frînă la bancul de probă.

Puterea nominală P_n este puterea dezvoltată de motor, garantată de uzina constructoare în anumite condiții de funcționare.

Turația arborelui cotit și viteza pistonului trebuie să se încadreze în anumite limite, în funcție de destinația și mărimea motorului: astfel, motoarele cu autoaprindere, care acționează generatoarele de curent alternativ, trebuie să aibă o turație cuprinsă între 3 000 și 150 rot/min, în funcție de numărul de perechi de poli ai generatorului, pentru a se obține frecvența curentului de 50 Hz; motoarele de puteri mari se caracterizează prin turații mici pînă la 150 rot/min, iar motoarele de putere mijlocie sau mică prin turații ridicate, pînă la 6 000 rot/min.

Raportul de comprimare este raportul dintre volumul total al cilindrului (V_t) și volumul camerei de ardere V_c, adică:

$$\varepsilon = \frac{V_t}{V_c}. \tag{7.4}$$

Raportul de comprimare indică de cîte ori se micșorează volumul cilindrului cînd pistonul se deplasează de la *PME* la *PMI*. Deplasarea pistonului de la un punct mort la celălalt, măsurată pe axa cilindrului, se numește *cursa pistonului*.

În general, prin mărirea raportului de comprimare, puterea motorului crește, datorită creșterii randamentului transformării căldurii în lucru mecanic și totodată se obține o scădere a consumului de combustibil pe cal-putere·oră.

În tabela 7.15 sînt cuprinse valorile uzuale ale raportului de comprimare pentru diferite tipuri de motoare cu ardere internă în patru timpi.

Tabela 7.15. **Rapoarte de comprimare uzuale**

Tipul motorului	Raportul de comprimare
Cu electroaprindere, alimentat cu:	
— benzină	5— 7
— benzină specială	7— 9
— gaze	6—11
Cu autoaprindere (diesel), alimentat cu motorină	14—22
Cu termoaprindere, alimentat cu motorină	7— 9

Consumul specific efectiv de combustibil reprezintă cantitatea de combustibil consumată de motor pentru producerea unui lucru mecanic de un cal putere oră. Aceste valori sînt cuprinse în tabela 7.16 pentru diferite tipuri de motoare care funcţionează cu combustibil lichid.

Tabela 7.16. **Valorile consumului specific efectiv de combustibil la regimul nominal pentru motoarele care funcţionează cu combustibil lichid**

Tipul motorului					Consumul specific kgf/CPh
Cu electro-aprindere	benzină	în patru timpi	motociclete n = 3 800—5 500 rot/min	supape în cap	0,230—0,300
				supape laterale	0,250—0,350
			autoturisme n = 2 800 — 4 500 rot/min		0,220—0,350
			autocamioane pînă la 3 t n = 2 400 — 3 000 rot/min		0,230—0,350
			motoare de curse n = 6 000 — 9 000 rot/min		0,300—0,450
		în doi timpi	motociclete n = 4 000 — 5 500 rot/min	pînă la 250 cm³	0,300—0,450
				250 — 350 cm³	0,350—0,50
			autoturisme n = 3 500 — 4 000 rot/min		0,300—0,370
			autocamioane $n \approx$ 3 000 rot/min		0,350—0,400
	petrol				0,270—0,350
Cu auto-aprindere	lent				0,140—0,170
	rapid				0,160—0,220
Cu termo-aprindere					0,250—0,350

Greutatea pe cal putere (greutatea specifică) G_s exprimă gradul de perfecţionare al construcţiei motorului. Ea depinde de tipul, destinaţia, încărcarea, procesul tehnologic şi materialele adoptate.

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul efectiv (η_e) exprimă gradul de utilizare a căldurii în motor ținînd seamă de toate pierderile de căldură, cum și de pierderile mecanice, adică arată fracțiunea din căldura dezvoltată de arderea combustibilului introdus în motor, care se transformă în lucru mecanic efectiv (v. tabela 7.17).

Tabela 7.17. **Randamentul efectiv**

Tipul motorului	Randamentul efectiv η_e
Cu electroaprindere:	
— pentru automobile și tractoare	0,20—0,25
— pentru avioane	0,25—0,30
Cu autoaprindere:	
— stabile și pentru nave	0,33—0,40
— rapide ușoare	0,30—0,34
Cu termoaprindere	0,16—0,20

Tabela 7.18. **Mărimile caracteristice ale principalelor tipuri de motoare cu ardere internă**

Felul motorului	Turația n rot/min	Viteza medie a pistonului v_m m/s	Puterea pe cilindru P_c CP	Greutatea pe cal putere G_s kg/CP	Puterea litrică P_l CP/l
Motor cu autoaprindere, în doi timpi, cu dublă acțiune, de mare putere, stabil sau naval	95— 150	5,5—6,5	1 000—1 700	75—30	2—5
Motor cu autoaprindere în patru timpi pentru automotoare	850—1 600	7,5—10	25—60	10— 7	4,5—9
Motor cu autoaprindere în patru timpi, pentru nave	800— 1600	5— 9	15—50	20—12	3—7
Motor cu autoaprindere în patru timpi, pentru autoturisme	3 200—5 000	8—14	6—30	5,5—4	20—50
Motor cu autoaprindere în patru timpi pentru autocamioane	1 800—3 500	8,5—11	10—20	5— 7	11—17
Motor cu electroaprindere în doi timpi, pentru motociclete	3 000—6 000	6,5—10	2,5—15	5,5— 4	25—30
Motor cu electroaprindere în patru timpi, cu puterea de 400—800 CP, pentru aviație	2 500—4 000	10—16	40—60	0,8—0,5	28—55

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.19. **Clasificarea motoarelor cu ardere internă după di**

Destinația	Combustibilul folosit	Procedeul de formare a amestecului carburant	Procedeul de umplere a cilindrului	Modul de aprindere a amestecului carburant	Modul desfășurării arderii amestecului carburant	Modul de realizare a ciclului motor	Pro fu n
1. Stabile (centrale electrice, motopompe, motocompresoare, exploatări petroliere etc.)	1. Combustibil lichid ușor (benzină, petrol)	1. În interiorul cilindrului (motoare cu injecție de combustibil în cilindru, motoare cu gaz ecu supapă aparte)	1. Prin admisie naturală	1. Prin electroaprindere (scînteie electrică, motoare cu explozie)	1. Ardere la volum constant	1. În patru timpi	1. (s e
2. Navale	2. Combustibil lichid greu (motorină, păcură)	2. În exteriorul cilindrului (motoare cu carburator, motoare cu gaze cu instalație specială)	2. Prin supraalimentare	2. Prin autoaprindere (comprimare motoare diesel)	2. Ardere la presiune constantă	2. În doi timpi	2. (c e
3. Transport rutier (automobile, tractoare, motociclete)	3. Combustibil gazos			3. Cu termoaprindere (cu cap incandescent-motoare semi diesel)	3. Ardere mixtă		3. C tc op
4. Transport feroviar (automotoare, locomotive diesel)							
5. Transport aerian							

Scanned with OKEN Scanner

abela 7.19. **Clasificarea motoarelor cu ardere internă după diferitele caracteristici constructive şi funcţionale**

eul are ului nt	Procedeul de umplere a cilindrului	Modul de aprindere a amestecului carburant	Modul desfăşurării arderii amestecului carburant	Modul de realizare a ciclului motor	Procedeul de funcţionare	Aşezarea cilindrilor	Numărul de cilindri	Construcţia mecanismului bielă-manivelă	Posibilitat de rotaţi
iorul lui e cu de ibil dru, cu su- arte)	1. Prin admisie naturală	1. Prin electro-aprindere (scînteie electrică, motoare cu explozie)	1. Ardere la volum constant	1. În patru timpi	1. Cu simplu efect	1. Verticale (în linie)	1. Monocilindrice	1. Fără cap de cruce	1. Ireversibi (un singu sens, la d ta sau stînga)
riorul ui cu or, cu nsta- ială)	2. Prin supraalimentare	2. Prin autoaprindere (comprimare motoare diesel)	2. Ardere la presiune constantă	2. În doi timpi	2. Cu dublu efect	2. Orizontale (în linie sau cu cilindri opuşi)	2. Policilindrice	2. Cu cap de cruce	2. Reversib (cu rotire borelui în ambel suri)
		3. Cu termoaprindere (cu cap incandescent-motoare semi diesel)	3. Ardere mixtă		3. Cu pistoane opuse	3. Pe două linii paralele			
						4. În V, W, X, H			
						5. În stea (simplă sau multiplă)			
						6. Cu pistoane opuse			

Scanned with OKEN Scanner

nă după diferitele caracteristici constructive și funcționale

Modul de realizare a ciclului motor	Procedeul de funcționare	Așezarea cilindrilor	Numărul de cilindri	Construcția mecanismului bielă-manivelă	Posibilitatea de rotație	Viteza medie a pistonului m/s	Procedeul de răcire
În patru timpi	1. Cu simplu efect	1. Verticale (în linie)	1. Monocilindrice	1. Fără cap de cruce	1. Ireversibile (un singur sens, la dreapta sau la stînga)	1. Lente $4<v_m<6,5$	1. Cu lichid
În doi timpi	2. Cu dublu efect	2. Orizontale (în linie sau cu cilindri opuși)	2. Policilindrice	2. Cu cap de cruce	2. Reversibile (cu rotirea arborelui cotit în ambele sensuri)	2. Cu viteză medie $6,5<v_m<10$	2. Cu aer
	3. Cu pistoane opuse	3. Pe două linii paralele				3. Rapide $v_m<10$	
		4. În V, W, X, H					
		5. În stea (simplă sau multiplă)					
		6. Cu pistoane opuse					

În afară de parametrii principali menționați motoarele cu ardere internă mai au și alți numeroși parametri mai puțin importanți ca: cuplul motor maxim, combustibilul (STAS), avansul la aprindere sau la injecție, cursa supapelor, ordinea de aprindere, greutatea motorului fără ulei și fără apă etc.

În tabela 7.18 sînt cuprinse cîteva mărimi caracteristice pentru unele tipuri de motoare cu ardere internă.

Clasificarea motoarelor cu ardere internă. Ținîndu-se seamă de o serie de caracteristici constructive și funcționale, motoarele cu ardere internă se pot clasifica conform tabelei 7.19.

Alegerea tipului celui mai potrivit de motor cu ardere internă, pentru o anumită utilizare, depinde de măsura în care acesta corespunde cerințelor exploatării exprimate prin cîteva elemente principale: combustibilul folosit, puterea, greutatea pe cal-putere, încărcarea etc.

Motoare cu ardere internă fabricate în R.P.R. În prezent se construiesc motoare cu ardere internă cu puteri cuprinse între 6 și 2 100 CP, pentru echiparea de grupuri electrogene, locomotive, nave, tractoare, instalații de foraj etc.

În ultimii ani a început producerea unor motoare la nivelul tehnicii mondiale. În tabela 7.20 sînt cuprinse caracteristicile principale ale unor motoare mai vechi, fabricate în R.P.R., încă foarte larg răspîndite în exploatare.

7.4. TURBINE CU GAZE

Turbinele cu gaze reprezintă cel mai recent tip de motor termic introdus pe scară largă, atît în industria energetică, cît și în alte sectoare în care este necesară producerea de energie mecanică din energie dezvoltată prin arderea combustibililor.

În etapa actuală turbinele cu gaze au o largă utilizare în aviație (înlocuind total motoarele clasice cu piston la avioanele de mare viteză), în centralele termoelectrice (ca unități de vîrf), în centralele atomice, pentru antrenarea turbosuflantelor și turbocompresoarelor, iar în ultimul timp au început să fie utilizate și în transporturile rutiere, de cale ferată și navale.

Funcționarea turbinelor cu gaze. Elementele constructive ale turbinelor cu gaze sînt în mare aceleași ca ale turbinelor cu abur (v. tabela 7.4).

Principiul de funcționare al unei instalații de forță cu turbină cu gaze este următorul (fig. 7.6):

Aerul aspirat din atmosferă este comprimat pînă la 5—7 kgf/cm², într-un compresor axial *1* (sau centrifugal) și refulat în camera de ardere *2*, în care se injectează combustibilul lichid cu ajutorul unor dispozitive speciale *3*. Aprinderea se face numai la pornire, continuînd să se desfășoare apoi de la sine, la presiune constantă. Prin arderea combustibilului se degajă căldură, ridicîndu-se temperatura gazelor din camera de ardere. Gazele pătrund apoi în ajutajele turbinei *4*, unde o parte din energia termică este transformată în energie cinetică, gazele căpătînd prin destindere o viteză foarte mare.

Energia cinetică a gazelor de ardere se transformă în lucru mecanic, în timpul curgerii gazelor prin paletele rotorului. Lucrul mecanic servește la acționarea compresorului de aer *1* și a generatorului electric *6*.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 7.20. Caracteristicile tehnice ale unor motoare cu ardere internă construite în R.P.R.

Tipul motorului	Marca motorului	Numărul de cilindri i	Turația n rot/min	Puterea efectivă P_e CP	Cilindreea totală V_s l	Raportul de comprimare ε	Consumul specific de combustibil c_e g/CP h	Greutatea motorului cu accesorii G tf
Cu electroaprindere (prin scînteie)	S 16	2	2 200	6	0,60	4,5	280	0,100
	S 15	4	2 500	15	1,19	4,5	280	0,170
	S 9[1])	1	3 000	7,5	0,36	5,7[2])	400	0,045
	S 18[1])	2	3 000	15	0,72	5,7[2])	400	0,075
	SR 211	8 V	3 600	140	5,02	6,7	245	0,344
	IMS 57	4	2 800	50	3,28	4,6	280	0,188
	SR 101	6	2 400	90	5,55	6	240	0,435
Cu autoaprindere (prin comprimare) în patru timpi	D 6[3])	1	1 200	6	1,10	18	210—230	0,380
	D 35	4	1 400	37	4,09	17,3—17,9	220	0,685
	D 36	4	1 500	45	4,51	17	210	0,750
	D 103	4	1 800	60	4,76	16,7	190	—
	MG 120	6	1 250	120	15,86	13,6	190± 10	1,600
	D 15[3])	1	800	15	3,07	20	210—230	0,600
	D 50	2	1 200	48	6,46	17,5	200± 10	0,730
	D 80	3	1 200	75	9,69	17,5	200± 10	1,000
	D 110	4	1 200	100	12,92	17,5	200± 10	1,350
	MG 220	6	1 250	220	32,65	12,8	190± 10	2,600
	MG 450	12 V	1 150	400	65,40	12,8	190± 10	4,300[4]) 5,000[5])
	MG 600 S	12 V	1 150	600[6])	65,40	11	170—185	4,800
	M 583 S	6	1 500	350 475[6])	29,58	16,1	170	2,350
	M 581 S	12 V	1 500	1 200[6])	59,16	16,1	168	3,200
	12 LDA 28	2×6	750	2 100[6])	266,00	12,0	173	21,000
	D 50	6	740	600[6]) 1 000	158,00	11,8—12,5	185	17,590
Cu termoaprindere (cu cap incandescent)	SD 25	1	800	25	4,57	6,5[2])	240	0,861
	SD 50	2	800	50	9,14	6,5[2])	240	1,145

[1]) În doi timpi; [2]) față de cursa utilă a pistonului; [3]) orizontal; [4]) cu carter de aluminiu; [5]) cu carter de fontă; [6]) supraalimentat cu turbocompresor.

Scanned with OKEN Scanner

După destindere gazele pot fi evacuate direct în atmosferă sau trec întîi printr-un schimbător de căldură (recuperator) unde încălzesc aerul comprimat înainte ca acesta să intre în camera de ardere.

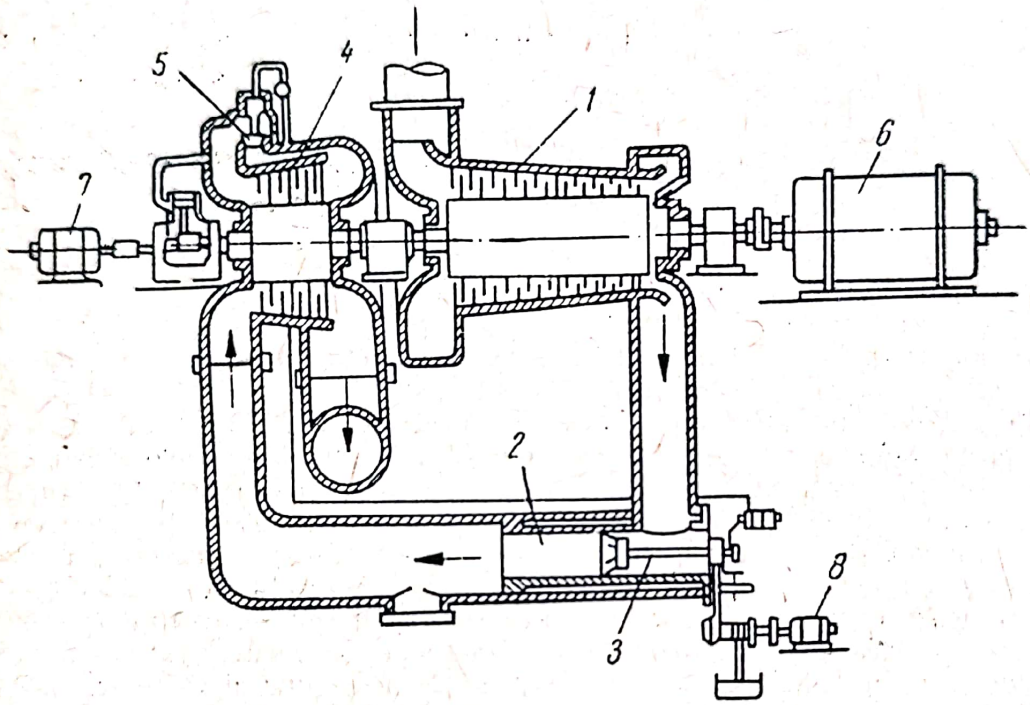


Fig. 7.6. Schema de funcţionare a unei instalaţii de turbină cu gaze, cu arderă la presiune constantă :

1 — compresor ; *2* — cameră de ardere; *3* — arzător; *4* — turbină de gaze; *5* — supapă de ocolire; *6* — generatorul electric; *7* — motor electric de pornire; *8* — pompă de combustibil.

Instalaţia mai conţine o supapă de ocolire *5*, care serveşte la evacuarea gazelor direct în atmosferă în caz de avarie, o pompă de combustibil *8* şi un motor electric *7* pentru pornire.

Ca şi turbinele cu abur, turbinele cu gaze pot fi cu acţiune sau cu reacţiune.

Scanned with OKEN Scanner

VIII

TRATAREA APEI ȘI RECUPERAREA CONDENSATULUI

În întreprinderile industriale apa este folosită în scopuri tehnologice, pentru schimbătoarele de căldură și pentru alimentarea cazanelor de abur.

Pentru ca procesele tehnologice să decurgă în condițiile cerute, iar agregatele termomecanice să funcționeze sigur și economic, este nevoie ca apa să corespundă unor condiții de calitate bine precizate. Sînt foarte rare cazurile în care apele naturale pot fi folosite direct pentru toate scopurile industriale; aproape totdeauna este necesară tratarea lor. Această tratare se compune dintr-un complex de procese tehnologice avînd ca scop ameliorarea calitativă a caracteristicilor inițiale ale apei, pentru ca ele să corespundă cerințelor impuse.

Gospodărirea apei are rolul de a evita risipa, urmărind și reducînd pierderile de apă, de abur și de condensat și de a asigura menținerea calității apei din circuit. Acest din urmă rol se referă mai ales la recuperările de apă și de condensat de la diferiții consumatori.

În multe cazuri aceste recuperări trebuie tratate în instalații speciale pentru a putea fi refolosite.

Controlul calitativ al întregului circuit de apă-abur-condensat din întreprindere, controlul funcționării instalațiilor de tratare a apei, controlul comportării, pe partea de apă a echipamentului termomecanic, cade în sarcina secției sau a laboratorului chimic, care trebuie să colaboreze în această privință cu celelalte secții interesate.

8.1. CARACTERISTICILE APELOR NATURALE

Toate apele naturale — chiar cînd sînt limpezi și incolore — conțin substanțe dizolvate, provenite din descompunerea straturilor străbătute. Ele mai pot conține și gaze dizolvate, ca oxigenul și bioxidul de carbon, din contactul lor cu atmosfera, sau ca rezultat al proceselor vitale ale florei și faunei acvatice.

Apele cu aspect tulbure mai conțin și substanțe nedizolvate, numite suspensii, ale căror particule pot fi vizibile sau nu cu ochiul liber și care sînt rezultatul efectului mecanic al apei asupra solului. Apele colorate gălbui conțin substanțe organice în stare coloidală, invizibile cu ochiul liber, dar totuși nu în soluție adevărată.

Impuritățile apelor naturale mai pot proveni din scurgerile de ape reziduale, netratate sau tratate necorespunzător. În astfel de cazuri, aspectul apei

Scanned with OKEN Scanner

și conținutul ei în substanțe dizolvate pot diferi radical de cele ale apelor naturale neimpurificate.

O evacuare necorespunzătoare a apelor reziduale netratate poate cauza impurificarea apelor subterane, care cu tot aspectul lor limpede (ca urmare a procesului natural de filtrare prin sol), pot conține în soluție substanțe în cantitate mare.

Impuritățile normale din apele naturale reprezintă o concentrație mică variind între 100 și 1 000 mg/l, corespunzător la 0,01% respectiv 0,1%. Totuși natura acestor substanțe poate provoca neajunsuri la folosirea apei pentru scopuri industriale.

O categorie deosebită dintre substanțele dizolvate în apele naturale o constituie compușii de calciu și de magneziu. Aceștia formează așa numita duritate a apei; după natura chimică a compușilor, se deosebește:

Duritate temporară (d_{tp}) sau duritate carbonatică; ea este constituită din bicarbonații de calciu și de magneziu. Aceștia se descompun cînd crește temperatura apei și precipită în cea mai mare parte sub formă de carbonați, foarte puțin solubili în apă.

Duritate permanentă (d_p) sau necarbonică, constituită din compușii de calciu și de magneziu, alții decît bicarbonații, ca de pildă sulfații, clorurile și azotații. Acești compuși nu se descompun cînd crește temperatura apei.

Duritate totală (d_t) este suma durității temporare și a durității permanente.

Duritatea se exprimă convențional în grade (°d); 1°d = 10 mg CaO/l apă. Mai corectă este exprimarea durității în miliechivalenți la litru (mval/l); 1°d = = 0,357 mval/l.

Conținutul apelor naturale în săruri de calciu și de magneziu este foarte variat; în țara noastră, în afară de rare excepții, duritatea totală a apelor naturale nu este mai mică decît 2°d și mai mare decît 30°d.

Conținutul apei în substanțe dizolvate, în suspensii și în substanțe coloidale se determină în laborator, folosindu-se metode speciale.

Cea mai utilizată exprimare a concentrațiilor substanțelor aflate în apă — afară de aceea în grade de duritate pentru sărurile de calciu și de magneziu — este în miligrame la litru (mg/l).

Pentru alte caracteristici ale apei se folosesc unități de măsură speciale, de exemplu pentru tulbureală, scara convențională de siliciu; pentru reacția acidă sau alcalină, indicele *p*H; pentru conductivitate, microsiemens pe centimetru etc.

Tabela 8.1 cuprinde caracteristicile principale, medii, ale unor ape naturale din țara noastră.

Tabela 8.1. **Caracteristicile principale ale unor ape naturale din R.P.R. (valori medii)**

Proveniența	Reziduu mg/l	Duritatea °d			Cloruri mg/l	Sulfați mg/l	Silice mg/l
		temporară	permanentă	totală			
Aghireș puțuri	1 500	20	35	55	40	500	4
Aghireș izvor	250	9	3	12	20	15	5
Brazi puțuri	500	14	9	25	100	50	15
București puțuri	275	2	0	2	2	2	12

Tabela 8.1 (continuare)

Proveniența	Rezidiu mg/l	Duritatea °d			Cloruri mg/l	Sulfați mg/l	Silice mg/l
		temporară	permanentă	totală			
Orlea izvor	200	7	1	8	25	10	10
Paroșeni izvor	60	3	2	1	3	30	5,5
Dunăre Brăila	260	7	1,5	8,5	10	30	10
Dunăre Galați	250	7	3	10	20	30	10
Prahova Ploești	600	10	4	14	200	90	8
Tîrnava Tîrnăveni	600	8	0,5	8,5	250	15	25
Timiș Lugoj	100	3	0	3	0	15	11
Lacul Siutghiol	600	10	8,5	18,5	140	85	8
Jiu Craiova	600	6,5	4,5	11	6	1	13
Mureș Arad	660	10,6	3,9	14,5	12	42	12
Criș Oradea	325	8	1	9	18	60	9
Dîmbovița București	560	9	2	11	20	125	6
Ialomița Doicești	300	6	1	7	27	22	12
Trotuș Borzești	600	8,5	2	10,5	250	35	6

8.2. DERANJAMENTELE PRODUSE ÎN EXPLOATARE DE IMPURITĂȚILE DIN APĂ

Cu toate că concentrația substanțelor dizolvate în apele naturale este mică, se impune totuși o tratare a ei, pentru evitarea deranjamentelor în exploatare, care cresc cu gradul de încălzire și de evaporare a apei.

Dacă apa nu este limpede — adică dacă conține substanțe în suspensie — se produc depuneri în conducte și rezervoare, care murdăresc produsele cu care apa vine în contact, împiedică schimburile normale de căldură prin înfundarea agregatelor respective defecteeză pompele etc.

Compușii de fier și de magneziu, aflați în soluție în apă, pot precipita, în contact cu aerul; antrenați de curentul de apă, produc înfundări în conducte, bazine, turnuri de răcire. În industria textilă și alimentară, fierul și manganul din apă degradează produsele cu care vin în contact.

O importanță deosebită o are acțiunea apei și a gazelor dizolvate asupra metalelor feroase, chiar la temperatura obișnuită; la temperatură ridicată ea poate avea efecte distrugătoare. Această acțiune poartă denumirea de ruginire și de coroziune.

Sub forma ei cea mai simplă, această acțiune cu caracter complex, se poate reprezenta astfel:

$$Fe + 2\,H_2O \longrightarrow Fe(OH)_2 + H_2 \qquad (8.1)$$

Hidroxidul feros foarte puțin solubil, se depune pe pereții metalici sub formă de oxid feric hidratat ($Fe_2O_3 . H_2O$) formînd o peliculă roșie neaderentă, pulverulentă, care nu protejează metalul.

În aceste condiții, procesul de dizolvare a fierului încetează; fenomenul, care este de obicei general și uniform, poartă numele de *ruginire*. Continuarea și intensificarea locală a acestui proces, se numește *coroziune* și are loc astfel:

Scanned with OKEN Scanner

În prezența oxigenului dizolvat în apă, hidroxidul feros trece în hidroxid feric, insolubil:

$$4\ Fe(OH)_2 + O_2 + 2\ H_2O \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3. \quad (8.2)$$

Hidroxidul feric precipită și în apă nu se poate stabili un echilibru chimic între substanțele care reacționează între ele și produsele reacției. Alte cantități de fier sînt dizolvate, distrugerea metalului continuîndu-se.

Oxigenul fiind agentul care condiționează coroziunea este necesară îndepărtarea lui din apă. Același rol îl joacă și bioxidul de carbon dizolvat în apă, dar în lipsa completă a oxigenului, acțiunea sa este mai puțin intensă.

La cald, procesul coroziunii se desfășoară astfel:

Hidroxidul feros trece în oxid fero-feric (magnetic), de culoare neagră-brună:

$$3\ Fe(OH)_2 \longrightarrow Fe_3O_4 + 2\ H_2O + H_2. \quad (8.3)$$

Acest oxid se poate forma și direct, din acțiunea apei asupra metalului:

$$3\ Fe + 4\ H_2O \longrightarrow Fe_3O_4 + 4\ H_2. \quad (8.4)$$

Oxidul fero-feric formează un strat dur, aderent, compact, care protejează suprafața metalului de noi acțiuni corozive și este indispensabil pentru exploatarea cazanelor de abur. Toată grija trebuie pusă ca acest strat protector să nu fie distrus sub influența factorilor care pot interveni.

La încălzirea apei au loc modificări de natură chimică ale unora din substanțele dizolvate. Bicarbonații se descompun parțial sau chiar total, după gradul de încălzire al apei, luînd naștere carbonați și bioxid de carbon, care se degajează.

Bicarbonatul de calciu are un grad de descompunere mai accentuat; la 70°C și la 30 min de încălzire, descompunerea sa în carbonat de calciu este de 65%, la fierbere ea este de 98% pînă la 100%. Bicarbonatul de magneziu și bicarbonatul de sodiu, au un grad de descompunere mai mic; valorile corespunzătoare pentru condițiile indicate mai înainte sînt de 25% respectiv 80%.

Bioxidul de carbon eliberat, sub formă de gaz, are o acțiune agresivă asupra metalelor și altor materiale de construcție din instalațiile industriale care vin în contact cu apa.

Dintre carbonații formați, cel mai puțin solubil în apă este carbonatul de calciu; el formează depuneri tari — cruste — care aderă la suprafețele de schimb de căldură, provocînd supraîncălziri locale și reducînd randamentul instalațiilor. Aceste depuneri provoacă blocări de ventile și vane, înfundă țevile schimbătoarelor de căldură și provoacă spargerea țevilor fierbătoare ale cazanelor de abur.

Celelalte substanțe dizolvate în apele naturale — ca sulfați și clorurile de calciu, de magneziu, de sodiu — nu suferă prin încălzirea apei o modificare chimică. Dacă însă apa este supusă unei evaporări (la presiune normală) sau unei vaporizări (la presiune ridicată), concentrația în substanțe dizolvate crește continuu și la un moment dat, unele din aceste substanțe precipită din apă sub formă solidă. Substanțele cu solubilitate mai mică precipită mai întîi, de exemplu sulfatul de calciu, apoi precipită substanțele mai solubile, ca de exemplu (în ordine) clorura de calciu, sulfatul de magneziu, carbonatul și sulfatul de sodiu.

Depunerile sînt deseori stratificate, avînd porozitate și grosime diferită, în raport cu condițiile care influențează formarea lor.

Toate depunerile formate pe suprafețele de schimb de căldură la răcitoare, condensatoare, preîncălzitoare, cazane — sînt caracterizate prin rezistența pe

care o opun trecerii căldurii. Această caracteristică a depunerilor este exprimată prin *coeficientul de conductivitate termică*. În tabela 8.2 se arată care sînt coeficienţii de conductivitate termică pentru cîteva feluri de depuneri tari.

Tabela 8.2. **Coeficienţii de conductivitate termică a unor depuneri**

Felul depunerilor	Densitatea kg/dm³	λ kcal/m·h·grd
Depuneri carbonatice, poroase	—	0,2
Carbonaţi de calciu şi de magneziu	1,5	1
Sulfat de calciu	2,5	2,3
Silicaţi de calciu şi de magneziu	0,3	0,05
Depuneri sulfatice	—	0,62

Din această tabelă rezultă că depunerile de silicaţi au cel mai mic coeficient de conductivitate termică; după aceasta urmează depunerile carbonatice, care sînt foarte frecvente în exploatările industriale şi apar pretutindeni unde tratarea apei nu este rezolvată în mod corect. Ţinîndu-se seama că pentru un oţel-carbon coeficientul de conductivitate termică este $\lambda = 50$ kcal/m·h·grd, se observă uşor ce frînare puternică reprezintă depunerile pentru trecerea căldurii. În pereţii metalici acoperiţi de depuneri se produc puternice supraîncălziri locale, rezistenţa metalică a metalului scade rapid şi sub efectul presiunii din interior, pereţii se fisurează şi apoi se sparg.

La cazanele industriale de presiune mică, care sînt slab solicitate termic, depunerile uniforme care au $\lambda = 1...2$ kcal/m.h.grd, nu provoacă distrugeri imediate; la cazanele de înaltă presiune, depunerile carbonatice poroase sau depunerile de silicaţi, chiar subţiri, provoacă în scurt timp spargerea ţevilor. La cazanele de abur cu presiuni de peste 100 kgf/cm², trebuie evitată formarea depunerilor chiar cu grosime de numai 0,1 — 0,2 mm.

Prin schimbul defectuos de căldură care are loc prin pereţii metalici acoperiţi de depuneri, apar în instalaţiile termomecanice supraconsumuri de căldură, care pot atinge valori destul de mari.

8.3. CONDIŢII DE CALITATE PENTRU REGIMUL CHIMIC AL APEI

Reglementarea condiţiilor de calitate ale apei pentru instalaţiile termoenergetice are, la noi, următoarele baze legale:

— Instrucţiunile tehnice privind regimul apei de alimentare la cazanele de abur, vaporizatoare şi transformatoare de abur, C18-59, Inspectoratul de Stat pentru cazane şi instalaţii de ridicat (ISCIR), Bucureşti 1959;

— prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice (PET), Direcţia Generală a Energiei electrice. Ed. a II-a, 1960.

Instrucţiunile tehnice C 18-59 reglementează pe întreg cuprinsul ţării regimul apei pentru instalaţiile termomecanice; prescripţiile PET se referă în special la sectorul energetic şi ţin seamă de specificul tehnic al acestuia.

Tabela 8.3 dă indicii de calitate pentru apa de alimentare şi apa din cazan, pentru presiuni pînă la 40 kgf/cm². Aceşti indici corespund normelor C 18-59, cuprinzînd tipurile de cazane folosite pe scară mare în industrie.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 8.3. **Indicii de calitate pentru apa de alimentare și apa din cazan, pentru presiuni pînă la 40 kgf/cm²**

	Caracteristici		Tipul cazanului, presiunea kgf/cm², debit specific kg/m²·h							
			Tub de flacără	Tub de flacără și țevi de fum	Cutie de foc și țevi de fum	Țevi de apă; pînă la 15 kgf/cm² pînă la 25 kg/cm² h	Ecranate pînă la 8 kgf/cm²	Ecranate 8—16 kgf/cm²	Țevi de apă 15—40 kgf/cm² > 25 kg/cm² h	Ecranate 30—40 kgf/cm²
Apa de alimentare	*Aspect*		*limpede, incolor, fără suspensii*							
	Duritate	max.	10	8	2	1	0,1	0,1	0,5—0,1	0,1
	$d_{tp} : d_p$	min.	1	1	1	—	—	—	—	—
	$KMnO_4$ mgf/l	max.	—	—	—	—	25	25	—	15
	Ulei mgf/l	max.	5	1	1	1	1	1	1	1
	SiO_2 mgf/l	max.	—	—	—	2—3	3	2	2—1	0,6
	O_2 mgf/l	max.	—	—	—	De la 13kgf/cm² 1	—	0,1	0,5—0,1	0,03
	*p*H		—	—	—	9	9	9	9	8,3
	HCO_3 mgf/l	max.	—	—	—	—	—	30	30	30
Apa din cazan	Săruri gf/l	max.	20	20	20	8	3	3	5—2	2
	Indice de alcalinitate		1000—2000	1000—2000	1000—2000	800	300—800	300—400	800—300	400
	PO_4^{3-} mgf/l		15—30	15—30	15—30	15—30	15—40	15—40	15—30	10—15
	SiO_2 mgf/l		—	—	—	—	—	40	100—40	40
	$NaOH : SiO_2$		—	—	—	—	—	5	5	7

Tabela 8.4 cuprinde indicii de calitate pentru apa de alimentare şi apa din cazan, pentru domeniul de presiune de la 41 kgf/cm² pînă la 125 kgf/cm², la cazane cu circulaţie naturală şi pentru domeniile uzuale de presiune, la cazanele cu circulaţie forţată.

Tabela 8.4. **Indicii de calitate pentru apa de alimentare şi apa din cazan, pentru presiuni înalte**

	Caracteristici		Presiune, kgf/cm²					
			Circulaţie naturală				Circulaţie forţată	
			41—59	60—79	80—99	100—125	20—60	> 60
Apa de alimentare	Duritate	mval/l	0,025	0,02	0	0,007	0,007	0,0035
		°d	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01
	KM_nO_4	mgf/l	15	10	0	0	10—5	0
	O_2	mgf/l	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
	SiO_2	mgf/l	0,3	0,08	0,09	0,02	0,02	urme
	CO_2 liber	mgf/l	0	0	0	0	0	0
	HCO_3^- total	mgf/l	30	10	7	7	7	7
	Fe	mgf/l	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05—0,01
	Cu max.	mgf/l	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Uleiuri	mgf/l	1	0,5	0,2	urme	urme	0
	Săruri	mgf/l	20	6	3	1,5	2—3	1
	*p*H		8,3	8	7,5	7	7	7
Apa din cazan	Indice de alcalinitate		300—150	150—50	50—30	30—25	150	30—25
	SiO_2	mgf/l	30—15	15—10	5—4	2,5—1,5	2,5—2	2—1,5
	Săruri	mgf/l	2000	600	300	150	600	150
	Cloruri	mgf/l	10—15	50	30	10	50	10
	PO_4^{3-}	mgf/l	—	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15
	Duritate	°d	0	0	0	0	0	0
	$NaOH:SiO_2$		8	8	8	8	8	8
	*p*H		11	10,8	10,7	10,6	10,8	10,4

Tabela 8.5 cuprinde indicii de calitate a apei de alimentare şi a leşiei vaporizatoarelor şi transformatoarelor de abur.

Denumirea de „leşie" se referă la apa din vaporizatoare şi transformatoare de abur, care se concentrează în substanţe dizolvate, prin efectul vaporizării. Prin similitudine, „leşia" este deci o „apă din cazan".

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 8.5. **Indicii de calitate pentru apa de alimentare și leșia vaporizatoarelor și transformatoarelor de abur**

Apa de alimentare			Leșia		
Caracteristici		Valori	Caracteristici		Valori
Suspensii	mgf/l	lipsă	Săruri	mgf/l	3000
Duritate	°d	0,2			
Oxigen	mgf/l	0,07	Indice de alcalinitate		500
*p*H		>7			
CO_2 liber	mgf/l	0	Cloruri	mgf/l	2000
HCO_3	mval/l	0,15			
PO_4^{3-}	mgf/l	1,2	PO_4^{3-}	mgf/l	10

Aburul saturat, ca și aburul supraîncălzit nu trebuie să conțină impurități (din substanțele dizolvate în apă) în cantități care să provoace neajunsuri în exploatare, ca de pildă degradarea calitativă a produselor fabricate sau depuneri solide pe paletele turbinelor. Tabela 8.6 cuprinde indicii de calitate pentru aburul saturat.

Tabela 8.6. **Indicii de calitate pentru aburul saturat**

Caracteristici		Presiunea kgf/cm²	
		până la 79	peste 80
Săruri	mgf/kgf	0,3	0,2
SiO_2	mgf/kgf	0,05	0,03
Conductivitate cu corecția pentru CO_2 și NH_3	μS/cm	0,75	0,5

Condensatul turbinelor de abur trebuie să corespundă în ce privește duritatea, provenită din intrări de apă de răcire în condensator — normelor date în tabela 8.7.

Tabela 8.7. **Normele pentru duritatea condensatului turbinelor de abur**

Presiunea kgf/cm²		Duritatea	
		mval/l	°d
Pînă la 40	maximum	0,018	0,05
De la 41 la 59	maximum	0,007	0,02
Peste 60	maximum	0,003	0,01

Condensatul recuperat de la diferitele agregate termice, ca și condensatul întors de la consumatorii industriali, trebuie să corespundă calității indicilor prescriși pentru apa de alimentare.

Scanned with OKEN Scanner

Indicii de calitate prescrişi sînt cu atît mai severi cu cît presiunea de lucru a cazanelor de abur este mai ridicată şi cu cît producţia specifică de abur este mai mare. Pentru vaporizatoare şi transformatoare de abur indicii de calitate sînt mai severi decît pentru cazanele de abur de aceeaşi presiune de lucru.

8.4. METODE DE TRATARE A APEI

Pentru respectarea indicilor de calitate prescrişi este necesar ca apa să fie supusă unor procese tehnologice speciale, care să elimine substanţele dăunătoare pe care le conţine în mod natural sau din cauze accidentale.

Apele de suprafaţă, sînt supuse unei curăţiri prealabile, efectuată cu ajutorul grătarelor, al desnisipatoarelor şi al sitelor. Această curăţire are scopul de a îndepărta din apă impurităţile grosiere.

8.4.1. Eliminarea suspensiilor fine

Impurităţile din apă nedizolvate, rămase după desnisipare şi filtrare, se elimină din apă prin *filtrare*. Pentru scopuri industriale se lucrează cu filtre rapide de construcţie închisă, sub presiune (de ordinul a 2...5 kgf/cm²). Filtrele sînt metalice, de formă cilindrică, cu funduri bombate.

Reţinerea particulelor se obţine cu materiale granulate, inerte, care nu se dizolvă în apă, ca antracit, cocs, nisip cuarţos, marmoră spartă. Datorită încărcăturii lor, aceste filtre se numesc filtre minerale; după efectul lor, se mai numesc filtre mecanice.

Materialul filtrant este aşezat pe o placă de metal sau pe un fund de beton, pe care se află dispozitivul de repartiţie a apei — drenajul (fig. 8.1).

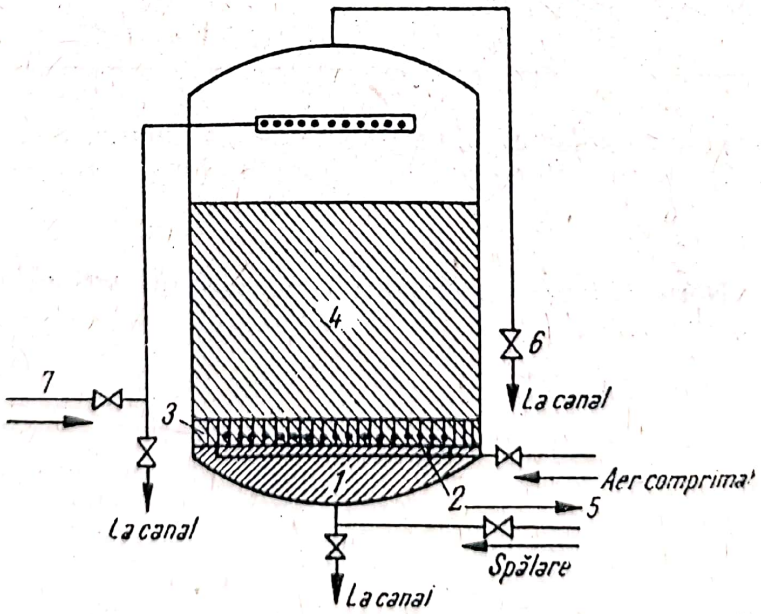


Fig. 8.1. Schema unui filtru mineral:

1 — beton; *2* — drenaj; *3* — strat de susţinere; *4* — strat filtrant; *5* — apă filtrată; *6* — aerisire; *7* — apă brută.

Apa trece de sus în jos, cu viteze de 5—25 m/h. Periodic, materialul trebuie spălat cu apă limpede și cu aer comprimat în sensul de jos în sus, pentru a se „afîna" materialul și a se evacua impuritățile reținute. Cînd apa de spălare iese limpede din filtru, acesta este pus din nou în lucru. Din cauza funcționării intermitente, este necesar să se prevadă în instalație mai multe filtre; la instalațiile mici, continuitatea se poate asigura cu un rezervor pentru apa limpezită.

8.4.2. Eliminarea uleiului

Conținuturile de ulei, mai mari decît 10 mgf/l, se pot elimina mecanic prin metoda separării, bazată pe diferența de greutate specifică dintre ulei și apă.

Apa este lăsată în repaos în bazine sau rezervoare, sau este lăsată să curgă încet, prin recipiente cu suprafața mare și înălțime mică. Uleiul se adună la suprafață, de unde este colectat prin dispozitive mecanice. Efectul de desuleiere este însă incomplet.

Pentru conținuturi de ulei pînă la 5 mgf/l, se aplică metoda decantării la cald. Decantoarele sînt rezervoare deschise, cu secțiune dreptunghiulară, cu înălțime mică, despărțite prin pereți verticali în mai multe compartimente. Apa intră pe jos, în primul compartiment, umplut cu cocs granulat și iese prin ultimul compartiment, umplut și el cu cocs granulat. Uleiul, decantat la suprafață, este colectat mecanic și evacuat.

Un procedeu eficient de desuleiere a apei este filtrarea prin cărbune activ. El se aplică pentru conținuturi în ulei sub 10 mgf/l. Materialul filtrant este cărbunele vegetal, activat (microporos), cu granulație de 0,5—1 mm. Se lucrează în filtre închise, sub presiune. Desuleierea este mai activă la cald; materialul reține uleiul în cantitate de 20—30% din greutatea proprie.

Procedeele indicate mai înainte nu elimină din apă uleiul emulsionat sau saponificat. Pe cale chimică, uleiul se elimină sub toate formele în care el se poate găsi în apă, pînă la valori sub 1 mgf/l. Procedeul este mai eficient la cald și la un dozaj mărit de reactiv. Prezintă însă dezavantajul că îmbogățește în substanțe solubile apa tratată.

8.4.3. Eliminarea fierului și a manganului

În apă, fierul se află dizolvat sub formă de combinații feroase; în contact cu aerul, prin oxidare se transformă în combinații ferice, insolubile, care precipită. Precipitațiile se elimină pulverizîndu-se apa într-un curent puternic de aer, sau trecîndu-se apa peste materiale inerte, în scopul de a se prelungi contactul ei cu aerul, sau combinîndu-se aceste două procedee.

În general se lucrează cu filtre închise și cu aer comprimat, la presiune de la 0,5 la 18 kgf/cm^2. Fig. 8.2 reprezintă schema unui astfel de filtru, compus în partea sa superioară dintr-o cameră de oxidare, în care se află o încărcătură de material filtrant, activ (lavă vulcanică, dură, poroasă), care reține cea mai mare parte din fierul precipitat. Apa trece apoi printr-un strat de nisip cuarțos de granulație uniformă și iese limpede din filtru.

Scanned with OKEN Scanner

Nisipul cuarţos se spală periodic, în contracurent cu apă şi aer; la intervale mai mari se spală şi materialul activ din camera de oxidare.

Echiparea interioară a unor astfel de filtre este similară cu aceea a filtrelor minerale.

Manganul se îndepărtează mai greu din apă decît fierul. În unele cazuri, el este eliminat odată cu fierul, prin oxidare; în general, această operaţie trebuie să fie completată prin filtrarea apei peste un material special, impregnat cu bioxid de mangan. Viteza de filtrare este de 8—15 m^3/h.

Pentru ape neutre sau slab acide, se foloseşte drept oxidant, ozonul.

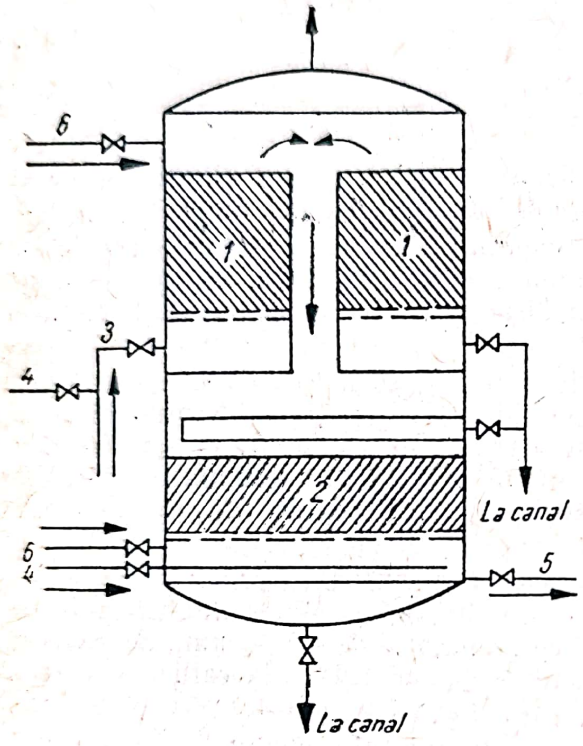


Fig. 8.2. Filtru de oxidare, de tip închis: *1* — umplutură de lavă vulcanică; *2* — umplutură de nisip cuarţos; *3* — apă brută; *4* — aer comprimat; *5* — apă filtrată; *6* — apă de spălare.

8.4.4. Eliminarea substanţelor coloidale şi organice

Procedeul folosit în acest scop se mai numeşte „coagulare" şi constă în introducerea în apă a unui reactiv care produce un precipitat, care la rîndul său absoarbe substanţele coloidale şi organice din apă. Reactivii folosiţi sînt: sulfatul de aluminiu, sulfatul de fier sau clorura ferică; precipitatul rezultat este constituit din hidroxidul metalului respectiv.

Efectul operaţiei depinde de cantitatea de substanţe coloidale şi organice din apă, de natura acestora, de prezenţa altor impurităţi, de temperatura şi variaţia ei, de dozajul reactivilor şi de realizarea constructivă a instalaţiei. Aceasta este constituită dintr-un amestecător, un coagulator şi un decantor, separaţi sau în acelaşi recipient cu dispozitive mecanice sau hidraulice de amestecare.

Hidroxidul care precipită (floconos), se formează din reacţia chimică dintre soluţia reactivului adăugat şi bicarbonaţii din apă; dacă apa conţine puţini bicarbonaţi (duritate temporară mică) se adaugă un reactiv alcalin, de obicei hidroxid de calciu — $Ca(OH)_2$ — sub formă de apă de var.

Nu este recomandabil să se adauge apei mai mulţi reactivi de coagulare, deoarece dozajul mai multor soluţii este dificil, apa tratată se îmbogăţeşte în săruri, iar efectul coagulării nu este îmbunătăţit prin aceasta.

Dozîndu-se în mod potrivit hidroxidul de calciu, se poate realiza o dată cu coagularea şi reducerea durităţii temporare şi desilicierea parţială.

Recircularea unei părţi din precipitat contribuie la îmbunătăţirea procesului de coagulare.

8.4.5. Procedee chimice pentru tratarea apei

Acestea au drept scop reducerea sau eliminarea durității apei. Reactivii folosiți sînt în număr redus: hidroxidul de calciu, hidroxidul de sodiu, carbonatul de sodiu și fosfatul trisodic. Toți au caracter alcalin și se folosesc în soluții diluate.

Principiul constă în reacția dintre reactivul adăugat și compușii solubili de calciu și magneziu din apă, cu formarea unor compuși insolubili de calciu și magneziu, care se elimină din apa tratată prin decantare și filtrare. În apă rămîn compuși solubili de sodiu, care nu produc depuneri pe suprafețele de schimb de căldură.

Hidroxidul de calciu — $Ca(OH)_2$ — și hidroxidul de sodiu — NaOH — reacționează cu duritatea temporară a apei; carbonatul de sodiu — Na_2CO_3 — cu duritatea permanentă; fosfatul trisodic — Na_3PO_4 — reacționează atît cu duritatea temporară, cît și cu duritatea permanentă a apei. Deoarece acest din urmă reactiv este scump se combină de obicei tratarea chimică a apei, folosindu-se în prima treaptă hidroxid de calciu și carbonat de sodiu, iar în ultima treaptă fosfatul trisodic.

Reacțiile care au loc se pot reprezenta schematic astfel (sublinierile reprezintă compușii insolubili care iau naștere) cu hidroxidul de calciu — $Ca(OH)_2$:

$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2\,CaCO_3 + 2\,H_2O,$$
$$2\,Ca(OH)_2 + Mg(HCO_3)_2 \longrightarrow 2\,CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2\,H_2O;$$

adică, o moleculă de hidroxid de calciu se combină cu o moleculă de bicarbonat de calciu, dînd două molecule de carbonat de calciu care, avînd o solubilitate mică, precipită din apă, eliminînd astfel atît calciul adăugat, cît și cel din bicarbonat. Pentru eliminarea bicarbonatului de magneziu este necesară cantitate dublă de hidroxid de calciu, deoarece magneziul trebuie precipitat sub formă de hidroxid și nu de carbonat, acesta fiind mai solubil.

Cu hidroxidul de sodiu — NaOH:

$$2\,NaOH + Ca(HCO_2)_2 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2\,H_2O,$$
$$4\,NaOH + Mg(HCO_3) \longrightarrow Mg(OH)_2 + 2\,Na_2CO_3 + 2\,H_2O;$$

iau naștere, pe lîngă compuși insolubili, care precipită, și carbonat de sodiu, solubil, care poate reacționa cu duritatea permanentă sau rămîne în apă, îmbogățind-o în săruri dizolvate.

Cu carbonatul de sodiu — Na_2CO_3 — (denumit și sodă):

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \longrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4,$$
$$Na_2CO_3 + CaC_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2\,NaCl;$$

cîte o moleculă de carbonat de sodiu se combină cu o moleculă de sulfat de calciu, respectiv clorură de calciu, dînd o moleculă de carbonat de calciu și o moleculă de sulfat de sodiu respectiv două molecule de clorură de sodiu. În apa tratată rămîn compuși de sodiu solubili în locul celor de calciu. Cu compușii de magneziu, reacțiile decurg în mod similar:

$$Na_2CO_3 + MgSO_4 \longrightarrow MgCO_3 + Na_2SO_4,$$
$$Na_2CO_3 + CaCl_2 \longrightarrow CaCO_3 + 2\,NaCl;$$

carbonatul de magneziu are o solubilitate oarecare în apă; dacă se mărește adaosul de carbonat de sodiu, carbonatul de magneziu trece în hidroxid de magneziu, insolubil, efectul eliminării sale crescînd.

Cu fosfatul trisodic — Na_3PO_4:

$$2\ Na_3PO_4 + 3\ Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6\ NaHCO_3,$$

$$2\ Na_3PO_4 + 3\ CaSO_4 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3\ Na_2SO_4,$$

$$2\ Na_3PO_4 + 3\ CaCl_2 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6\ NaCl;$$

cîte două molecule de fosfat trisodic se combină cu cîte trei molecule din compuşii de calciu aflaţi în apă, dînd o moleculă de fosfat tricalcic şi şase molecule de bicarbonat de sodiu, respectiv de clorură de sodiu, sau trei molecule de sulfat de sodiu.

Cu compuşii de magneziu reacţiile chimice decurg în mod asemănător. Toată duritatea apei este eliminată.

Pe baza acestor reacţii fundamentale se pot realiza o serie de scheme de tratare a apei, astfel:

var-sodă; hidroxid de sodiu-sodă; var-sodă-fosfat trisodic; hidroxid de sodiu-sodă-fosfat trisodic.

Pe lîngă acestea se mai pot realiza şi alte scheme combinate, folosindu-se pentru eliminarea durităţii temporare efectul căldurii sau efectul hidroxidului de sodiu aflat în apa din cazan, din care o parte este recondusă în epurator. O altă schemă uzitată este eliminarea, la rece, a durităţii temporare a apei cu var şi desăvîrşirea epurării cu mase cationice de sodiu.

Reacţiile chimice sînt activate dacă temperatura apei este mărită. De aceea se recomandă ca epurarea să se facă, de preferinţă la temperaturi de peste 90°C; dacă instalaţia de tratare este de tip închis, se poate lucra şi la temperaturi de peste 100°C.

La procedeele chimice de tratare a apei este obligatorie filtrarea minerală a apei epurate.

Fig. 8.3 reprezintă schema instalaţiei de tratare a apei prin procedeul combinat termic şi chimic.

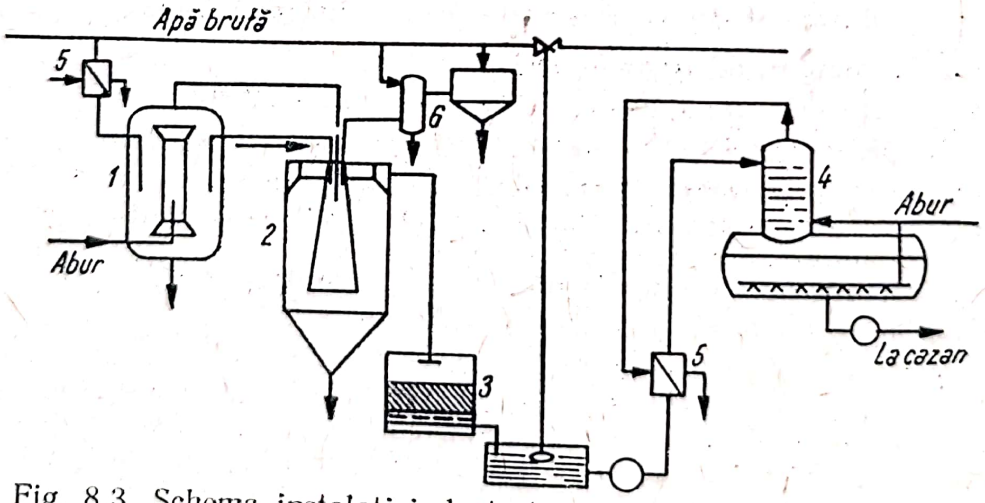


Fig. 8.3. Schema instalaţiei de tratare a apei termic şi chimic:
1 — epurator termic; *2* — epurator chimic; *3* — filtru mineral; *4* — degazor termic; *5* — preîncălzitor; *6* — degazor.

Duritatea temporară a apei este eliminată — în epuratorul termic — prin intermediul căldurii produsă prin injectare de abur. Excesul de abur se introduce în epuratorul chimic, în care are loc desăvîrşirea epurării cu un reactiv (de obicei

fosfat trisodic). Reactivul se adaugă sub formă de soluţie, cu un dozator. Apa tratată este limpezită într-un filtru mineral şi apoi stocată într-un rezervor.

Alegerea procedeului de tratare se face ţinîndu-se seama de factorii specifici exploatării; principalii dintre aceştia sînt: calitatea apei brute; condiţiile de calitate impuse apei tratate; procentul apei de adaos în apa de alimentare a agregatului; consideraţii economice.

Procedeele chimice de tratare a apei impun o funcţionare continuă a instalaţiei pe o perioadă mai lungă, deoarece reacţiile chimice trebuie să se desfăşoare în condiţii cît mai constante. Întreruperile dese dereglează procesele de epurare, provocînd pierderi de timp, de reactivi şi de căldură, pînă cînd instalaţia intră din nou în regim normal.

Procedeele chimice pot elimina, concomitent, din apă, pe lîngă duritate şi alte substanţe dizolvate. Astfel, folosindu-se hidroxid de calciu (var) la cald, se elimină substanţele organice, substanţele coloidale şi, în parte, silicea. Dacă mediul este pronunţat alcalin, se elimină în mare parte fierul şi manganul.

8.4.6. Procedee de tratare prin schimbători de ioni

Această denumire este dată diferitelor materiale sintetice, insolubile în apă, sub formă granulată sau sferică, care au proprietatea de a schimba unii din ionii lor contra unor ioni ai substanţelor dizolvate în apă.

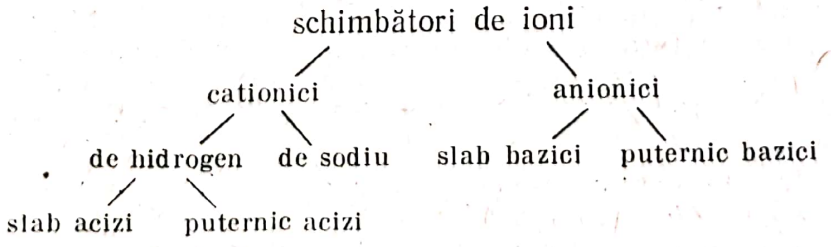
Schimbătorii de ioni se fabrică sau din cărbuni trataţi cu acid sulfuric, sau din răşini sintetice. La alegerea răşinii şi a procedeului de fabricaţie se ţine seamă de scopul căruia îi sînt destinaţi schimbătorii de ioni.

Echipamentul principal este constituit dintr-un recipient cilindric, similar cu filtrul mineral (fig. 8.4), numit filtru ionic, în care se încarcă schimbătorul de ioni. Apa curge prin stratul activ cu o viteză determinată. Aparatul lucrează sub presiune (2—6 kgf/cm^2).

Schimbătorii de ioni se folosesc, fie numai la dedurizarea apei, fie şi pentru eliminarea altor ioni din apă (demineralizarea părţială) sau a tuturor ionilor (demineralizare totală).

După felul ionilor care se schimbă, există două grupuri de schimbători: schimbători cationici şi schimbători anionici.

În tehnica tratării apei, schimbătorii cationici folosiţi se împart la rîndul lor în două categorii: schimbători cationici de sodiu şi schimbători cationici de hidrogen. Aceştia din urmă pot fi slab sau puternic acizi. Schimbătorii anionici pot fi şi ei slab sau puternic bazici. Această clasificare se poate schematiza astfel:



Caracteristica principală a schimbătorilor de ioni este *capacitatea de schimb*. Prin aceasta se exprimă cantitatea de ioni pe care o poate schimba unitatea de volum a schimbătorului, adsorbind în schimb o cantitate echivalentă de ioni din apă.

Capacitatea de schimb se exprimă convenţional în oxid de calciu (CaO), în grame forţă la litru (gf/l) sau în grame forţă — echivalente la metru cub de schimbător (val/m³).

După ce schimbătorul de ioni a reţinut din apă cantitatea de ioni corespunzătoare capacităţii sale de schimb, el îşi încetează activitatea. Schimbătorul poate fi readus în stare de lucru prin *regenerare*. Aceasta se execută tratîndu-se schimbătorul de ioni cu o soluţie care conţine ionul pe care schimbătorul l-a cedat apei în timpul perioadei de lucru. Astfel schimbătorii cationici de sodiu se regenerează cu o soluţie de clorură de sodiu (NaCl); schimbătorii cationici de hidrogen, cu acid clorhidric (HCl) sau acid sulfuric (H_2SO_4); schimbătorii anionici, cu o soluţie de hidroxid de sodiu (NaOH).

Regenerarea schimbătorilor de ioni poate fi efectuată în mod teoretic, în număr nelimitat; în practică, apar degradări ale materialului prin efecte mecanice, prin înfundări ale porilor granulelor, prin acţiuni chimice ale substanţelor conţinute în apa de tratat. Din aceste cauze, materialul trebuie împrospătat periodic, de obicei 2—5% anual.

Combinîndu-se schimbătorii de ioni, pe baza acţiunii lor specifice, a calităţii lor, a considerentelor tehnico-economice, se pot realiza diferitele scheme necesare tratării apei pentru scopuri industriale. Aceste scheme se pot împărţi în trei grupuri principale: dedurizare; demineralizare parţială; demineralizare totală.

Dedurizarea (sau epurarea simplă), este tratarea apei prin eliminarea cationilor de calciu (Ca) şi de magneziu (Mg) şi înlocuirea lor prin cationii de sodiu (Na). Se folosesc în acest scop schimbători cationici de sodiu regenerabili cu cloruri de sodiu.

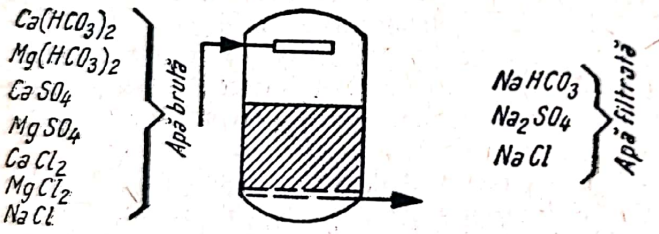


Fig. 8.4. Schimbători cationici de sodiu.

În fig. 8.4 se reprezintă schema cea mai simplă de dedurizare, constituită dintr-un filtru cationic (se presupune că apa de tratat este limpede).

Compuşii de calciu din apa brută sînt: bicarbonatul — $Ca(HCO_3)_2$; sulfatul — $CaSO_4$ şi clorura $CaCl_2$. Compuşii de magneziu sînt: bicarbonatul — $Mg(HCO_3)_2$; sulfatul — $MgSO_4$ şi clorura — $MgCl_2$. În toate apele naturale se găseşte clorură de sodiu — NaCl — în cantităţi variabile.

În filtrul cationic compuşii de calciu şi de magneziu trec în compuşii respectivi de sodiu; clorura de sodiu, nu suferă nici o modificare. Apa tratată este lipsită de duritate şi conţine numai compuşi de sodiu: bicarbonat—$NaHCO_3$; sulfat — Na_2SO_4 şi clorură — $NaCl_2$ în cantităţi echivalente cu compuşii care se află în apa netratată.

Apele cu duritate temporară mare conţin, după această tratare mult bicarbonat de sodiu. La cald, acesta se descompune, întîi în carbonat de sodiu şi apoi în hidroxid de sodiu, substanţe care dau apei un caracter pronunţat alcalin, ceea ce ar putea provoca deranjamente în exploatare. În acest caz se aplică schema arătată în fig. 8.5. (pretratare cu var şi filtrare Na — cationică).

Cea mai mare parte din duritatea temporară a apei este eliminată cu ajutorul varului. Din reacţie iau naştere carbonat de calciu — $CaCO_3$ — şi hidroxid de

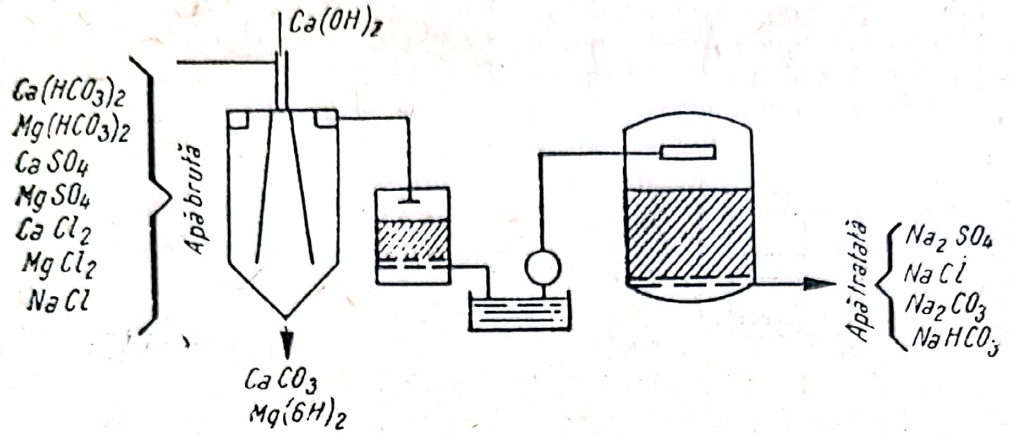


Fig. 8.5. Pretratare cu var şi filtrare Na-cationică.

magneziu — $Mg(OH)_2$ — care se elimină sub formă solidă, prin purjele epuratorului. După filtrare printr-un filtru mineral, apa este trecută peste un schimbător cationic de sodiu. Apa tratată conţine sulfat şi clorură de sodiu şi puţine săruri alcaline de sodiu.

Demineralizarea parţială reprezintă eliminarea durităţii apei cu reducerea concomitentă a conţinutului în substanţe dizolvate. Ea se realizează cu ajutorul schimbătorilor cationici, de sodiu şi de hidrogen; schema are mai multe variante, din care se descriu principalele două.

Filtrele cationice sînt legate *în paralel* (fig. 8.6). Debitul de apă trecut prin filtrul Na (cationic) este proporţional cu duritatea permanentă a apei, iar cel trecut prin filtrul H (cationic) este proporţional cu duritatea temporară a apei.

După filtrul Na (cationic), apa conţine numai compuşi de sodiu; apa trecută prin filtrul H (cationic), conţine numai compuşi de hidrogen, adică acizi şi anume: acid carbonic — H_2CO_3; acid sulfuric — H_2SO_4 şi acid clorhidric — HCl.

Cele două cantităţi de apă sînt amestecate într-un bazin. Acizii neutralizează bicarbonatul de sodiu iar din reacţie ia naştere bioxid de carbon care este eliminat prin degazarea apei (vînturarea). În apa tratată rămîn compuşi de sodiu corespunzători durităţii permanente; conţinutul apei tratate în substanţe dizolvate este redus în proporţie cu duritatea temporară a apei brute.

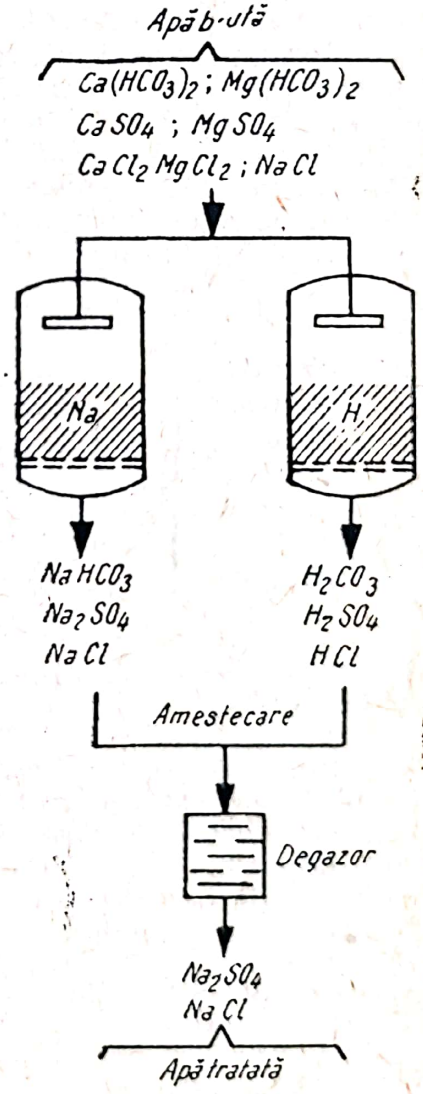


Fig. 8.6. Filtre cationice de Na şi H, legate în paralel.

Filtrele cationice sînt legate *în serie* (fig. 8.7).

Debitele de apă trimise prin filtrele cationice se stabilesc în acelaşi mod ca în schema precedentă (fig. 8.6). În filtrul H (cationic), încărcat cu un schimbător slab acid, numai duritatea temporară a apei este eliminată şi înlocuită

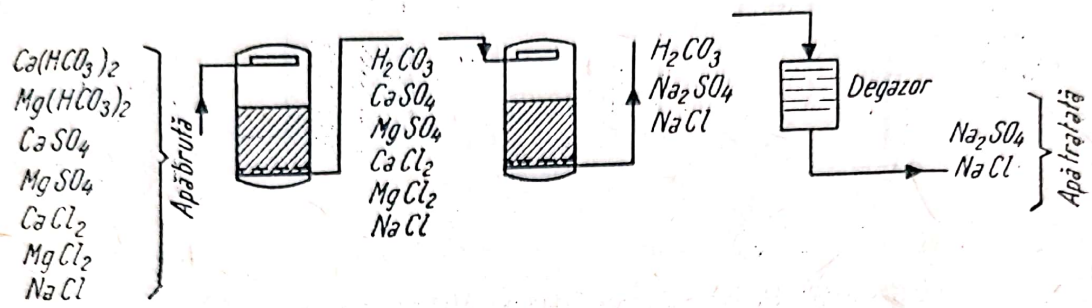


Fig. 8.7. Filtre cationice H şi de Na, legate în serie.

cu o cantitate echivalentă de acid carbonic. În filtrul Na (cationic), duritatea permanentă a apei este eliminată; după degazare, apa tratată are aceeaşi calitate ca cea obţinută prin schema filtrelor legate în paralel.

Demineralizarea totală reprezintă eliminarea din apă a tuturor substanţelor dizolvate (a tuturor ionilor). Apa trece întîi printr-un filtru cationic de hidrogen, încărcat cu un schimbător puternic acid. Cationii calciu, magneziu şi sodiu sînt înlocuiţi prin cationi hidrogen, în apa tratată apărînd canti tăţi echivalente de acizi (fig. 8.8).

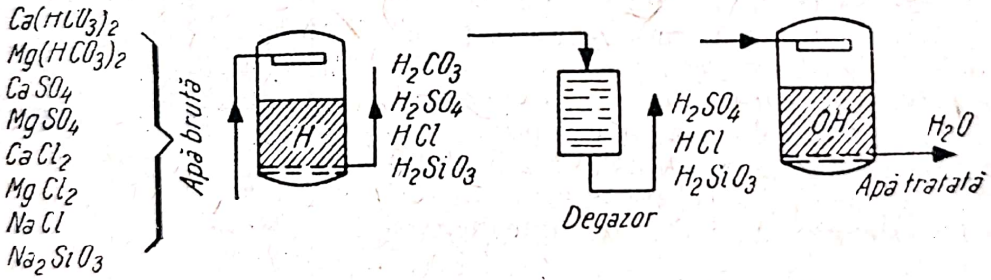


Fig. 8.8. Instalaţie simplă de demineralizare totală.

Prin degazare, se elimină acidul carbonic; apa este apoi trecută printr-un filtru anionic, încărcat cu un schimbător puternic bazic.

Schimbătorul anionic reţine anionii din apă: SO_4, Cl şi SiO_3; apa tratată este lipsită de orice substanţe dizolvate.

Aceasta este schema cea mai simplă de demineralizare, formată din trei trepte: filtrul H (cationic), degazor, filtru anionic.

În funcţie de calitatea apei brute, de condiţiile impuse apei demineralizate şi de consideraţiile tehnice, se pot elabora scheme compuse din mai multe trepte. Efectul demineralizării se măreşte prin înscrierea alternantă a filtrelor cationice şi anionice.

O multiplicare de filtre cationice şi anionice, înseriate, se realizează, practic, în filtrele cu *pat mixt*. Acestea sînt încărcate cu un amestec de schimbător cationic puternic acid şi anionic puternic bazic.

Filtrele cu pat mixt se folosesc de obicei ca ultimă treaptă de demineralizare. Singure, ele se pot folosi economic numai la tratarea apelor care conţin foarte puţine substanţe dizolvate, de exemplu condensatele aburului.

Procedeele de tratare a apei prin schimbători de ioni prezintă o serie de avantaje, ca: funcţionare cu debite variabile, funcţionare discontinuă, simplitatea exploatării şi posibilitatea mecanizării şi automatizării totale. Dezavantajele sînt mai ales de ordin economic: costul reactivilor de regenerare, consumul mare de apă pentru spălări, folosirea materialelor anticorosive.

8.4.7. Degazarea

Apa tratată conţine încă, în cantităţi variabile, gaze dizolvate: oxigen şi bioxid de carbon. Acestea au acţiune corosivă asupra metalelor, care este mult intensificată dacă temperatura apei este ridicată.

Degazarea prin fierbere. Solubilitatea în apă a gazelor scade cu creşterea temperaturii; la fierbere, conţinutul apei în gaze dizolvate este redus la zero. Fierberea apei, în condiţii care să permită gazelor să se degajeze complet, se realizează în aparate numite degazoare. După degazare se va evita contactul apei cu aerul pentru a nu absorbi din nou gaze.

La procedeele de tratare la cald, conţinutul apei în gaze dizolvate se reduce şi deci pericolul coroziunii nu mai este atît de mare, mai ales la agregatele care nu sînt puternic solicitate termic (de exemplu cazanele de abur de presiune mică).

Degazarea chimică este metoda care foloseşte anumite substanţe chimice, pentru legarea oxigenului sau a bioxidului de carbon din apă.

Degazarea termică aplicată în exploatările industriale moderne, se execută în coloane de degazare, în care apa, încălzită în prealabil, este pusă în contact intim cu aburul de încălzire (fig. 8.3). Circulaţia celor două fluide are loc în sens invers; gazele, împreună cu o parte din abur, ies pe la partea superioară a coloanei şi sînt conduse într-un condensator (preîncălzitor). După degazare, apa este stocată în rezervorul care face corp comun cu coloana de degazare.

Degazoarele termice lucrează, fie la presiuni puţin mai mari decît presiunea atmosferică (degazoare atmosferice), fie la presiuni de cîteva atmosfere (degazoare cu presiune). Apa din rezervor este menţinută în stare de fierbere cu ajutorul aburului.

La cazanele de înaltă presiune se prevede, ca măsură de siguranţă, o degazare chimică suplimentară a apei degazată pe cale termică. În acest scop se foloseşte *hidrazina* — N_2H_4. Aceasta este un lichid, limpede, incolor, cu reacţie alcalină. Soluţia de hidrazină diluată se injectează cu pompe de dozaj în apă, după degazoarele termice.

Hidrazina se combină cu oxigenul, dînd naştere la apă şi la azot gazos. Metoda are avantajul că nu îmbogăţeşte apa în substanţe dizolvate.

Degazarea cu vid se foloseşte astăzi în măsură mai redusă. În degazoarele cu vid se realizează prin intermediul unui ejector, o depresiune accentuată, care permite fierberea la temperaturi scăzute (50—60°C).

8.4.8. Tratarea condensatului

Degradarea calitativă a condensatului, adică „impurificarea" lui se datoreşte pătrunderii impurităţilor fie în timpul folosirii sau condensării aburului, fie în timpul stocării sau transportului condensatului însuşi.

Scanned with OKEN Scanner

Ca impurităţi, condensatul poate conţine uleiuri de la pompe şi maşini cu abur, produse petrolifere din instalaţiile de prelucrarea ţiţeiului, substanţe alcaline, cloruri şi săruri de la instalaţii chimice, suspensii, silice, duritate de la apa de răcire a condensatoarelor etc.

Din cauza gazelor dizolvate din atmosferă, condensatul stocat sau transportat în condiţii necorespunzătoare, produce coroziuni. În consecinţă el poate fi impurificat şi prin produse ale coroziunii.

Metodele de tratare a condensatului trebuie astfel alese încît să nu cauzeze o încărcare a lui cu alte săruri. Acest lucru este însă inevitabil, în cazul impurificării masive a condensatului cu substanţe organice sau coloidale.

Eliminarea acestor impurităţi se realizează prin metoda „coagulării", care lasă în condensatul tratat compuşi solubili, a căror eliminare necesită, la rîndul ei, o altă tratare suplimentară. Trebuie deci evitată cu orice preţ, impurificarea condensatului cu substanţe organice şi coloidale.

Condensatul se tratează prin următoarele metode:

— eliminarea uleiurilor şi a produselor petrolifere: metode mecanice de separare, filtrare cu antracit granulat, filtrare cu cărbune activ;

— eliminarea fierului şi a produselor de coroziune: filtrare cu antracit granulat, filtrare cu schimbători cationici de sodiu;

— reducerea durităţii: filtrare cu schimbări cationici de sodiu;

— eliminarea silicei şi compuşilor chimici: demineralizare, conform schemei simple: filtru cationic de hidrogen puternic acid - filtru anionic puternic bazic;

— eliminarea compuşilor alcalini, în lipsa durităţii: filtrare cu schimbători cationici de hidrogen;

— eliminarea gazelor dizolvate: degazare termică.

8.5. CONTROLUL CALITĂŢII APEI

Fiecare întreprindere va stabili prin instrucţiuni tehnice interne (ITI), pe baza prescripţiilor oficiale, măsurile care să asigure funcţionarea continuă şi economică a instalaţiilor de tratare a apei şi a agregatelor termomecanice, din punct de vedere al regimului chimic al apei.

Controlul calităţii apei se efectuează pe bază de determinări şi analize, în laboratorul chimic sau în punctul de control chimic, dotat cu utilaj şi personal corespunzător. Determinările şi analizele se execută prin metode care trebuie precizate în instrucţiunile tehnice interne.

Instalaţiile de tratare a apei, organizarea şi supravegherea regimului chimic al apei din întreprinderile industriale, sînt subordonate secţiei sau a laboratorului chimic. Controlul chimic se extinde asupra tuturor instalaţiilor şi agregatelor termomecanice care folosesc apa în scopuri tehnologice.

8.6. REDUCEREA PIERDERILOR DE APĂ, DE ABUR ŞI DE CONDENSAT

Pierderile de apă, de abur şi de condensat, reprezintă pierderi de căldură, de energie (de exemplu energie de pompare), şi de substanţe chimice. Unele dintre aceste pierderi sînt inevitabile, altele se pot suprima, luîndu-se măsurile care se impun. Pierderile inevitabile din circuitul apei şi aburului într-o între-

prindere industrială sînt constituite din: purjarea cazanelor de abur, a vaporizatoarelor și a transformatoarelor de abur; spălările filtrelor minerale și ale filtrelor ionice, purjarea epuratoarelor din instalațiile de tratarea apei; scăpările de abur la degazarea termică; pierderile de apă și de vapori la turnurile de răcire; deznoroirile decantoarelor, ale diverselor bazine și ale turnurilor de răcire.

Pierderile evitabile de apă sînt constituite din scurgerile la flanșe și la organele de închidere în stare defectuoasă, din pierderile de apă la rezervoarele corodate, din deversările de apă datorate lipsei sau funcționării necorespunzătoare a indicatoarelor de nivel și a organelor de închidere, din pierderile cauzate de lipsa oalelor de condensat sau funcționării nocorespunzătoare a acestora etc.

Folosirea unei ape de calitate necorespunzătoare este o cauză de risipă, deci de pierderi; lipsa unei surse de apă de rezervă necesită stocuri exagerate și cauzează pierderi prin nevoia de a înlocui parțial sau total această apă, încălzită sau impurificată prin ședere îndelungată.

Valoarea tuturor acestor pierderi poate fi redusă prin alegerea procedeelor celor mai potrivite de tratare a apei, prin alegerea judicioasă a echipamentului și prin ridicarea nivelului tehnic al exploatării.

Defecțiunile echipamentului termomecanic, remediate cu întîrziere, ca și slaba preocupare pentru regimul chimic al apei, conduc la pierderi în circuitul de apă. Aceste pierderi se reduc printr-un control atent și continuu a tuturor consumatorilor de apă și abur din întreprindere și prin remedierea, fără întîrziere, a defecțiunilor constatate.

Calitatea lucrărilor de întreținere și de reparații contribuie în mare măsură la reducerea pierderilor de apă din circuit.

La consumatorii care sînt obligați a returna condensatul aburului folosit este necesară supravegherea continuă a calității acestui condensat și luarea măsurilor respective pentru a se evita impurificarea lui.

Circuitul apei trebuie să fie perfect de bine cunoscut, trebuie să existe scheme generale și parțiale și orice traseu sau legătură provizorie executată pe circuitul de apă trebuie trecute în planurile de situație.

Prescripțiile oficiale conțin prevederi care au scopul ca apa în exploatările industriale să fie cît mai bine gospodărită; unele pierderi sînt chiar reglementate, prevăzîndu-se pentru ele o valoare maximă.

Instrucțiunile tehnice C 18-59 prevăd obligativitatea recuperării integrale a condensatului; pierderile de condensat trebuie să fie motivate, pe baza condițiilor speciale ale procesului tehnologic respectiv. De asemenea se prevede obligația de a se recupera pierderi prin purjarea agregatelor termomecanice; pentru a se reduce pierderile de apă și de condensat, prizele calde trebuie prevăzute cu răcitoare, iar debitul lor să nu treacă 1,5 l/min.

În condițiile unei exploatări corecte și a unui nivel tehnic ridicat, pierderile totale de apă, abur și condensat într-o întreprindere termoenergetică însumează mai puțin de 2% din apa prelevată.

Folosirea apei și a aburului în scopuri tehnologice are o importanță deosebită, care crește o dată cu dezvoltarea industrială. Judicioasa folosire a apei, și gospodărirea cît mai rațională a rezervelor de apă, prin evitarea risipei de orice fel, trebuie să fie o preocupare permanentă.

Scanned with OKEN Scanner

XIX

INSTALAȚII TERMICE INDUSTRIALE

Diferitele tipuri de instalații termice folosite în industrie sînt foarte numeroase, ca și criteriile de clasificare respective. În cele ce urmează se descriu principalele tipuri de instalații termice mai des întîlnite.

9.1. INSTALAȚII DE SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ

Instalațiile de schimbătoare de căldură folosesc la transmiterea căldurii de la un agent termic la un alt agent termic. Aceste instalații cuprind în mod obișnuit schimbătorul de căldură propriu zis, conductele de legătură, organele de închidere și de reglare, aparatele de măsurat și de control, izolația termică, iar în cazuri speciale, dispozitive de evacuare a condensatului și a gazelor necondensabile, mașini pentru activarea circulației agenților termici (pompe, ventilatoare etc.), dispozitive de automatizare etc.

9.1.1. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească instalațiile de schimbătoare de căldură

Principalele condiții pe care trebuie să le îndeplinească instalațiile de schimbătoare de căldură și modul de îndeplinire sînt:

— *Respectarea condițiilor de desfășurare a procesului tehnologic* (presiunea și temperatura de lucru, debite, capacități etc.).

— *Productivitatea* cît mai mare (intensificarea schimbului de căldură, respectiv mărirea diferenței medii de temperatură, ameliorarea condițiilor de schimb de căldură, astfel încît să se mărească valorile coeficientului de transmitere a căldurii).

— *Eficacitatea economică în exploatare cît mai mare* (prin alegerea judicioasă a agenților termici și a parametrilor acestora).

— *Eficacitatea economică a investițiilor cît mai mare* (folosirea unor instalații cît mai simple, compacte, ușoare, ieftine).

— *Siguranță în exploatare și condiții bune de lucru* (posibilități bune de control, reglare, montare, exploatare și reparare ușoară, respectarea normelor de tehnica securității muncii).

Scanned with OKEN Scanner

9.1.2. Agenți termici

În instalațiile de schimbătoare de căldură, prin agent termic se înțelege un fluid (lichid sau gaz) care ia parte la schimbul de căldură. Agent termic primar se numește acela care avînd o temperatură mai ridicată, cedează căldură la trecerea prin instalație, iar agent termic secundar, acela care, avînd o temperatură mai redusă, primește căldură la trecerea prin instalație. Agenții termici trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— *Proprietăți fizice favorabile* (greutate specifică și căldură de vaporizare mari, căldură specifică și viscozitate mici).

— *Stabilitate chimică mare* (să nu se descompună la temperatura de funcționare a instalației, să nu fie corozivi și să nu formeze depuneri în instalație).

— *Preț de cost redus și posibilități simple de procurare.*

Agenții termici cei mai răspîndiți sînt: apa, aburul, aerul și gazele de ardere.

9.1.3. Calculul de verificare a instalațiilor de schimbătoare de căldură

Calculul de verificare a instalațiilor de schimbătoare de căldură se compune din: calculul termic, calculul hidraulic și calculul de rezistență.

Calculul termic al instalațiilor de schimbătoare de căldură de suprafață. Notînd (fig. 9.1) cu indicele 1 agentul termic primar, cu indicele 2 agentul termic secundar, cu ' starea agenților la intrarea și cu '' starea la ieșirea din schimbătorul de căldură, căldura Q_1 cedată de agentul termic primar este

$$Q_1 = G_1 c_{p1} \left(t_1' - t_1''\right) \text{ [kcal/h]} \quad (9.1)$$

$$Q_1 = G_1 \left(i - i_1''\right) \text{ [kcal/h]} \quad (9.2)$$

unde

G_1 este debitul de agent termic primar, în kgf/h;

c_{p1} — căldura specifică medie, la presiune constantă, a agentului termic primar, în kcal/kgf · grad;

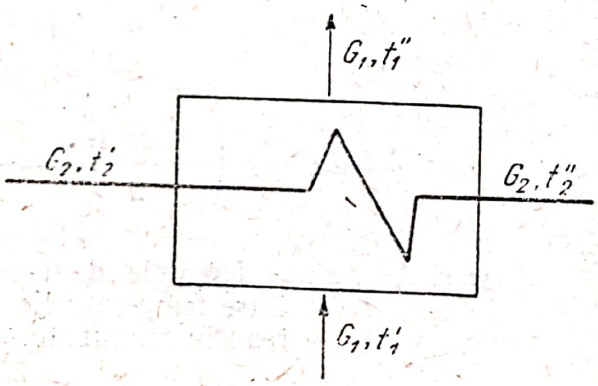


Fig. 9.1. Schema unui schimbător de căldură prin suprafață.

t_1 — temperatura agentului termic primar, în °C;

i_1 — entalpia agentului termic primar, în kcal/kgf.

Valorile căldurilor specifice și entalpiilor se iau din tabele.

Relația (9.1) este aplicabilă numai dacă la trecerea prin schimbătorul de căldură agentul termic nu-și schimbă starea de agregare (rămîne lichid sau gazos); relația (9.2) se poate aplica și în cazul schimbării stării de agregare (vaporizare, condensare).

În mod asemănător, căldura primită de agentul termic secundar se exprimă prin relațiile:

$$Q_2 = G_2 \, c_{p2} \left(t_2'' - t_2'\right) \text{ [kcal/h]}; \quad (9.3)$$

$$Q_2 = G_2 \left(i_2'' - i_2'\right) \text{ [kcal/h]}. \quad (9.4)$$

Scanned with OKEN Scanner

Ecuația bilanțului termic este

$$Q_1 = Q_2 + Q_p \qquad [\text{kcal/h}], \tag{9.5}$$

în care Q_p este căldura pierdută în exterior, în timp de o oră.

Randamentul instalației este

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1}. \tag{9.6}$$

Căldura transmisă într-o oră prin schimbătorul de căldură, este

$$Q_h = kS\Delta t_{med} \qquad [\text{kcal}], \tag{9.7}$$

unde:

k este coeficientul de transmitere al căldurii, în kcal/m²·h·grd;

S — suprafața de transmitere a căldurii, în m²;

Δt_{med} — diferența medie dintre temperaturile agenților termici, în grd.

Valoarea coeficientului de transmitere al căldurii depinde de starea agentului termic, de starea și de forma suprafeței de transmitere a căldurii și, în deosebi, de condițiile de mișcare a agenților termici (tabela 9.1).

Diferența medie de temperatură este:

$$\Delta t_{med} = \frac{\Delta t_M - \Delta t_m}{\ln \dfrac{\Delta t_M}{\Delta t_m}} \qquad [(\text{grd})] \tag{9.8}$$

sau

$$\Delta t_{med} = \varphi \left(\frac{t_1' + t_1''}{2} - \frac{t_2' + t_2''}{2} \right) \qquad [\text{grd}], \tag{9.9}$$

unde

Δt_M și Δt_m sînt diferențele de temperatură maximă, respectiv minimă, între temperaturile agenților termici la intrarea și la ieșirea din schimbătorul de căldură (fig. 9.2).

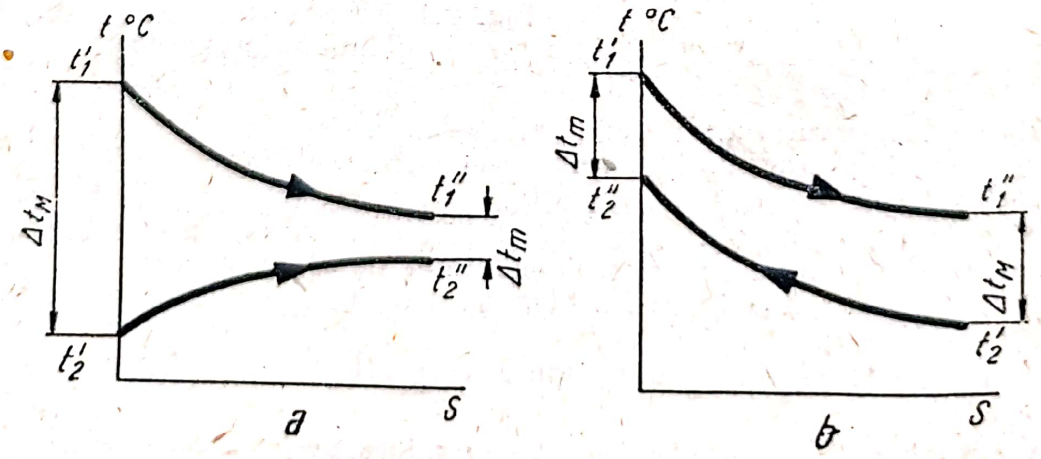


Fig. 9.2. Variația temperaturilor agenților termici în schimbătoarele de căldură, în cazul circulației în echicurent *a* și în contracurent *b*.

Tabela 9.1. **Valorile uzuale ale coeficientului de transmitere a căldurii, k, în kcal/m² · h · grd**

Schimbătorul de căldură		k
Tipul	Condiţii de funcţionare	
Tubular (cu fascicul de ţevi)	— Gaz (1 at)...gaz (lat)	5—30
	— Gaz de înaltă presiune (200—300 at)...gaz de înaltă presiune	150—400
	— Lichid...gaz (1 at)	15—60
	— Gaz de înaltă presiune în ţevi (200—300 at), lichid în exteriorul ţevilor	200—600
	— Lichid...lichid	150—1 000
	— Abur în exteriorul ţevilor, lichid în ţevi	300—1 000
Vaporizator	— Abur în exteriorul ţevilor:	
	1. cu circulaţie naturală de:	
	a) lichide cu viscozitate mare	300—800
	b) lichide cu viscozitate mică	500—1 500
	2. cu circulaţie forţată	800—2 500
Condensator	— Vapori organici sau amoniac în exteriorul ţevilor	300—1 000
	— Vapori (curaţi) de apă în exteriorul ţevilor	3 500—15 000
Recuperator de căldură	— Gaze fierbinţi în interiorul, apă în exteriorul ţevilor	15—40
Încălzitor de gaze cu ţevi nervurate la exterior	— Abur sau apă fierbinte în ţevi, gaz în exteriorul ţevilor:	
	1. cu circulaţie naturală (de ex. radiatoare de încălzire)	4—10
	2. cu circulaţie forţată	10—40
Ţeavă în ţeavă	— Gaz (1 at)...gaz (1 at)	10—30
	— Gaz de înaltă presiune (200—300 at) în ţevi, gaz de joasă presiune (1 at) la exterior	20—50
	— Gaz de înaltă presiune (200—300 at)...gaz de înaltă presiune	150—400

Tabela 9.1 (continuare)

Schimbătorul de căldură			h
Tipul		Condiții de funcționare	
		— Gaz de înaltă presiune (200—300 at) în țevi, lichid în exteriorul țevilor — Lichid...lichid	200—500 300—1 200
Răcitoare cu evaporare		— Apă în exterior, gaz (1 at) în interiorul țevilor — Apă în exterior, gaz de înaltă presiune (200—300 at) în interiorul țevilor — Apă în exterior, lichid în interiorul țevilor	20—50 150—300 250—800
Preîncălzitoare cu plăci		— Gaz...gaz de joasă presiune (1 at)	10—30
Spiral		— Lichid...lichid — Abur care se condensează...lichid	600—2 000 800—3 000
Recipienți	Cu manta exterioară	— Abur care se condensează în manta, lichid în recipient — Abur care se condensează în manta, lichid care se vaporizează în recipient — Apă sau saramură de răcire în manta, lichid în recipient	400—1 200 600—1 500 150—300
	Cu serpentină interioară	— Abur care se condensează în serpentină, lichid în recipient — Abur care se condensează în serpentină, lichid care se vaporizează în recipient — Apă sau saramură de răcire în serpentină, lichid în recipient	600—2 000 1 000—3 000 400—1 000
	Cu țevi sudate la exteriorul recipientului	— Abur care se condensează în țevi, lichid în recipient — Abur care se condensează în țevi, lichid care se vaporizează în recipient — Apă sau saramură de răcire în țevi, lichid în recipient	400—1 500 600—2 000 300—800

Scanned with OKEN Scanner

— valoarea coeficientului φ se ia din tabela 9.2;
— temperaturile $t'_1 \cdots t''_2$ sînt temperaturile agenţilor termici (fig. 9.2,*a* şi 9.2,*b*).

Tabela 9.2. **Valorile coeficientului de corecţie, φ, pentru calculul diferenţei medii de temperatură**

$\frac{\Delta t_M}{\Delta t_m}$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	7	10	100
φ	1	0,985	0,963	0,930	0,911	0,889	0,886	0,826	0,770	0,710	0,425

Formulele (9.8) şi (9.9) dau rezultate corecte în cazul circulaţiei agenţilor termici în echicurent sau în contracurent; în alte situaţii (de exemplu circulaţia în curent încrucişat) se folosesc alte relaţii şi, eventual, nomograme ajutătoare.

Calculul hidraulic al instalaţiilor de schimbătoare de căldură de suprafaţă.

Viteza de curgere w, în m/s, a unui fluid cu debitul G în kgf/h şi greutatea specifică γ în kgf/m³, printr-o secţiune S în m², fiind:

$$w = \frac{G}{3\,600\,S\gamma}, \tag{9.10}$$

viteza agentului termic în interiorul ţevilor, se calculează cu:

$$w_i = \frac{3{,}54\,G}{\gamma n\, d_i^2} \text{ [m/s]}, \tag{9.11}$$

unde

n este numărul ţevilor (corespunzător unei treceri),
d_i — diametrul interior al ţevilor, în cm.

Viteza agentului termic în exteriorul ţevilor (fig. 9.3) este:

$$w_e = \frac{3{,}54\,G}{\gamma\left(D^2 - n\,d_e^2\right)} \text{ [m/s]} \tag{9.12}$$

la curgerea în lungul ţevilor şi:

$$w_e = \frac{3{,}54\,G}{\gamma\, l\,(D - n d_e)} \text{ [m/s]}, \tag{9.13}$$

la curgerea perpendicular pe ţevi.

În aceste formule,

D este diametrul corpului cilindric, în cm,
d_e — diametrul exterior al ţevilor, în cm;
l — distanţa liberă de curgere, măsurată în lungul ţevilor (de exem-

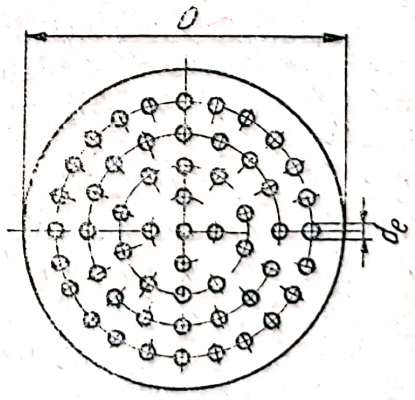


Fig. 9.3. Dispoziţia transversală a ţevilor într-un schimbător de căldură tubular.

plu distanța între două șicane, distanța între plăcile tubulare la schimbătoarele de căldură fără șicane etc.), în cm.

Vitezele admise în mod obișnuit sînt: 0,5—1 m/s pentru apă și în general pentru lichide (uneori ajungînd pînă la 3 m/s); 5—25 m/s pentru gaze; 20—40 m/s pentru abur.

Căderea de presiune în interiorul țevilor se determină cu formulele și cu nomogramele prezentate la 11.1.3

Căderea de presiune în spațiul din exteriorul țevilor, la curgerea gazelor perpendicular pe țevi, este dată de formula:

$$\Delta p = \frac{0{,}75\, n_r\, w_{0\,0}^2\, T}{10\,000 \sqrt[3]{\frac{s}{d_e} - 1}} \quad [\text{kgf/m}^2], \tag{9.14}$$

în care n_r este numărul rîndurilor de țevi, montate în sensul de curgere;

w_0 — viteza agentului termic dacă ar avea 0°C și 760 mm Hg, în m/s;

γ_0 — greutatea specifică a agentului termic, la 0°C și 760 mm Hg;

T — temperatura medie a agentului termic, în °K;

s — pasul țevilor, măsurat perpendicular pe direcția de curgere, în cm.

Căderea totală de presiune în instalație se obține totalizîndu-și căderile locale de presiune în conducte, armături, schimbătorul de căldură etc. (v. subcap. 11.1)

Creșterea vitezei agentului termic determină îmbunătățirea condițiilor de schimb de căldură, dar, pe de altă parte, duce la mărirea căderii de presiune, respectiv la creșterea consumului de energie necesară pentru acționarea pompelor, ventilatoarelor etc.

Calculul de rezistență se efectuează la proiectare și, eventual în exploatare, pentru verificarea instalației, atunci cînd aceasta urmează a fi utilizată în alte condiții decît cele pentru care a fost proiectată.

9.1.4. Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor de schimbătoare de căldură

Curățenia suprafeței de transmitere a căldurii și etanșeitatea instalației prezintă o deosebită importanță pentru buna funcționare a instalației. În acest scop este necesar să se prevadă curățirea periodică a instalației, înlăturarea impurităților din agenții termici și controlul atent al etanșeității. Acest control se face prin supunerea instalației la presiunea de încercare (în general cu 50% peste presiunea de lucru) și examinarea atentă a tuturor îmbinărilor. La instalațiile care lucrează sub vid, controlul poate fi efectuat în timpul exploatării, apropiindu-se de îmbinările examinate, flacăra unei lumănări; în caz de neetanșeitate, flacăra se apleacă spre locul neetanș, datorită aspirării în interior a aerului atmosferic.

În tabela 9.3. se dau principalele deranjamente constatate în exploatarea instalațiilor de schimbătoare de căldură, cauzele care le produc și modul de remediere.

În ceea ce privește normele de tehnica securității muncii, pe lîngă prescripțiile speciale, stabilite de la caz la caz, se vor respecta următoarele reguli cu caracter general:

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.3. **Deranjamente în exploatarea instalațiilor de schimbătoare de căldură; cauze și remedii**

Deranjamentul		Cauza		Remedierea
Creșterea temperaturii agentului termic primar la ieșirea din schimbătorul de căldură, peste valoarea normală	1	Creșterea depunerilor pe suprafețe de schimb de căldură	1	Curățirea suprafeței
	2	Debitul de agent termic primar prea mare	2	Reducerea debitului de agent termic primar
	3	Debitul de agent termic secundar prea mic	3	Mărirea debitului de agent termic secundar
	4	Temperaturile agenților termici la intrare, prea mari	4	Reducerea temperaturilor agenților termici la intrare
Scăderea temperaturii agentului termic primar la ieșirea din schimbătorul de căldură sub valoarea normală	5	Debitul de agent termic primar, prea mic	5	Mărirea debitului de agent termic primar
	6	Debitul de agent termic secundar, prea mare	6	Reducerea debitului de agent termic secundar
	7	Izolația termică defectuoasă	7	Repararea izolației termice
	8	Temperaturile agenților termici la intrare, prea mici	8	Mărirea temperaturilor agenților termici la intrare
Creșterea temperaturii agentului termic secundar, la ieșirea din schimbătorul de căldură, peste valoarea normală	2	Debitul de agent termic primar, prea mare	2	Reducerea debitului de agent termic primar
	3	Debitul de agent termic secundar, prea mic	3	Mărirea debitului de agent termic secundar
	4	Temperaturile agenților termici la intrare, prea mari	4	Reducerea temperaturilor agenților termici la intrare

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.3 (continuare)

Deranjamentul		Cauza		Remedierea
Scăderea temperaturii agentului termic secundar la ieșirea din schimbătorul de căldură, sub valoarea normală	1	Creșterea depunerilor pe suprafața de schimb de căldură	1	Curățirea suprafeței de schimb de căldură
	5	Debitul de agent termic primar, prea mic	5	Mărirea debitului de agent termic primar
	6	Debitul de agent termic secundar, prea mare	6	Reducerea debitului de agent termic secundar
	7	Izolația termică defectuoasă	7	Repararea izolației termice
Creșterea presiunii în schimbătorul de căldură, sau la ieșirea din acesta	8	Temperaturile agenților termici la intrare, prea mici	8	Mărirea temperaturilor agenților termici la intrare
	9	Presiunile agenților termici la intrare, prea mari	9	Reducerea presiunilor agenților termici la intrare
Scăderea presiunii în schimbătorul de căldură, sau la ieșirea din acesta	10	Neetanșeități în instalație	10	Înlăturarea neetanșeităților
	11	Presiunile agenților termici la intrare, prea mici	11	Mărirea presiunii agenților termici la intrare
	12	Defectarea armăturilor (înțepenirea în poziție închisă)	12	Repararea armăturilor
	13	Depuneri de nămol sau înfundare cu corpuri străine	13	Curățire
Depuneri rapide de nămol	14	Impurități mecanice în agenții termici	14	Decantarea și filtrarea agenților termici
Depuneri organice	16	Microorganisme în agenții termici	15	Clorinarea agenților termici
Depuneri rapide de piatră	16	Concentrație ridicată de săruri în agenții termici	16	Tratarea chimică a agenților termici
Corodarea chimică a instalației	17	Substanțe corozive (acizi, baze) în agenții termici	17	Înlăturarea sau neutralizarea substanțelor corozive
			17	Protejarea instalației prin materiale speciale anticorozive
	18	Oxigen în agenții termici	18	Degazarea agenților termici

— nu se vor da în exploatare decît instalaţiile care au fost supuse la toate încercările obligatorii (în general încercările la presiune) prevăzute de organele metrologice, de firma constructoare şi de conducerea tehnică a întreprinderii;

— la instalaţiile care funcţionează la temperaturi ridicate, se va prevedea o bună izolaţie termică, astfel încît temperatura suprafeţelor exterioare să nu depăşească 50°C, cînd temperatura înconjurătoare este de 25°C;

— la demontarea instalaţiilor care funcţionează sub presiune, la temperaturi ridicate, sau prin care circulă substanţe dăunătoare (acizi, fluide, toxice, inflamabile etc.), demontarea nu este permisă decît după izolarea completă a instalaţiei şi golirea sa.

9.2. INSTALAŢII DE TERMOCOMPRESOARE

Pentru alimentarea unor consumatori de abur la o anumită presiune, se poate folosi şi abur cu presiune mai scăzută, cu condiţia măririi presiunii aburului de joasă presiune pînă la valoarea necesară pentru alimentarea consumatorilor; aceasta se poate realiza cu *instalaţiile de termocompresoare.*

După tipul compresorului folosit se deosebesc: instalaţii cu compresoare cu jet şi instalaţii cu compresoare mecanice.

9.2.1. Instalaţii cu compresoare cu jet

Compresorul cu jet (fig. 9.4) este alimentat cu abur la o presiune superioară p_i presiunii necesară la consumator p_m şi este racordat la sursa de abur de joasă presiune p_j, de la care se poate aspira o anumită cantitate de abur. Prin destinderea aburului de alimentare, de la presiunea p_i la presiunea p_j, se obţine o cantitate de energie cinetică, folosită pentru comprimarea amestecului (de abur destins şi de abur de joasă presiune, aspirat), pînă la presiunea medie p_m. Astfel, consumatorul este alimentat, parte cu abur de înaltă presiune, parte cu abur provenit din sursa de joasă presiune.

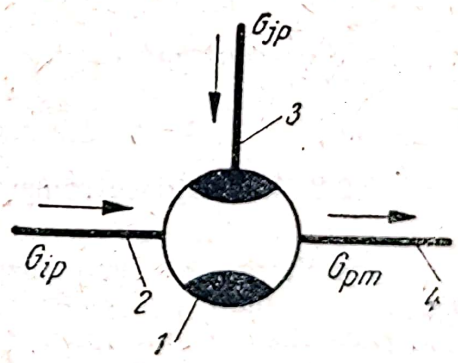


Fig. 9.4. Schema unui compresor cu jet:
1 — compresor cu jet; *2* — abur de presiune înaltă (p_i); *3* — abur de presiune joasă (p_j); *4* — abur de presiune medie (p_m).

Eficacitatea unei instalaţii de termocompresor se exprimă prin factorul de ejecţie:

$$u = \frac{G_{jp}}{G_{ip}}, \qquad (9.15)$$

unde

G_{jp} este cantitatea de abur de joasă presiune, aspirat;

G_{ip} — cantitatea de abur de înaltă presiune, necesar pentru alimentare.

Valoarea factorului de ejecţie, u, arată ce cantitate (în kgf) de abur de joasă presiune se aspiră, pentru fiecare kilogram-forţă abur de alimentare. În condiţii obişnuite, u este egal cu 0,3—0,5.

Scanned with OKEN Scanner

Valoarea factorului de ejecție crește cu presiunea de alimentare, p_i, cu presiunea de aspirație și cu reducerea presiunii de refulare, p_m; ea scade foarte repede cu creșterea raportului de comprimare, p_m/p_j, astfel încît, atunci cînd acest raport depășește valoarea 2, în general termocompresorul cu jet nu mai poate fi folosit.

Compresoarele cu jet pot fi utilizate în bune condiții pentru alimentarea consumatorilor cu debit constant. În cazul debitelor variabile valoarea factorului de ejecție scade mult, astfel încît compresorul trebuie dimensionat pentru debitul minim, sau pentru o valoare apropiată de acesta, debitele mai mari urmînd a fi acoperite separat, prin reductor de presiune (fig. 9.5). Eventual se pot folosi, legate în paralel, mai multe compresoare, care intră în funcțiune succesiv, pe măsura creșterii consumului. Instalațiile de termocompresie cu jet mai prezintă următoarele avantaje: sînt foarte simple, ușor de construit și ieftine; exploatarea este simplă și sigură; întreținerea și reparația sînt foarte simple. Marele avantaj constă îndeosebi în aceea că, cu investiții foarte reduse se pot valorifica importante cantități de abur de joasă presiune; de asemenea, mărindu-se debitele de abur preluat de la prizele de joasă presiune ale turbinelor sau de la turbinele cu contrapresiune, se pot obține importante cantități suplimentare de energie electrică [1].

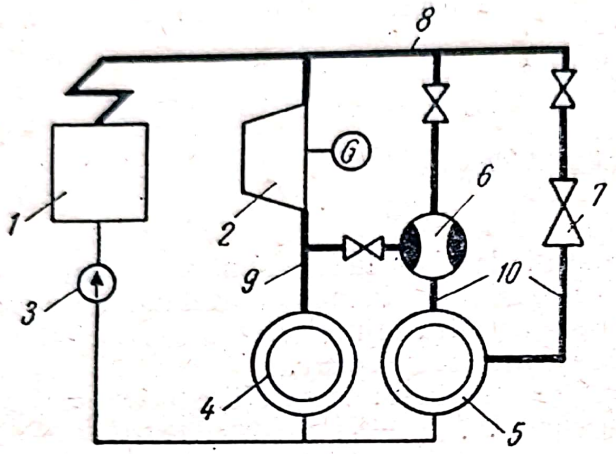


Fig. 9.5. Schema instalației de termocompresor cu jet:

1 — cazan de abur; *2* — turbină cu contrapresiune; *3* — pompă; *4* — consumator de căldură la presiune joasă; *5* — idem, la presiune medie; *6* — ejector; *7* — reductor de presiune; *8* — abur de înaltă presiune; *9* — abur de joasă presiune; *10* — abur de presiune medie.

9.2.2. Instalații cu compresoare mecanice

Instalațiile cu compresoare mecanice (fig. 9.6, *a*) sînt — la capacitate egală — cu mult mai complicate și mai scumpe decît cele cu compresoare cu jet, exploatarea și întreținerea este mai dificilă, iar pentru acționare se consumă energie electrică. Aceste inconveniente explică răspîndirea destul de redusă a acestui tip de termocompresor. Totuși, față de instalațiile cu jet, instalațiile cu compresoare mecanice prezintă unele avantaje esențiale: permit realizarea unor rapoarte de comprimare $\left(\frac{p_m}{p_j}\right)$ mai mari, pot funcționa cu randamente bune în intervale de debite și de presiuni cu mult mai largi și

[1]) Costul unui compresor cu jet, de dimensiuni obișnuite, realizat cu posibilități proprii ale unei întreprinderi, nu depășește cîteva mii lei, în timp ce costul aburului de presiune joasă valorificat, sau a energiei electrice produse suplimentar, poate ajunge ușor la valori de sute de mii de lei pe an.

nu necesită abur cu presiune ridicată ; este însă necesar ca preţul energiei electrice consumate să fie destul de redus, pentru ca costul aburului livrat de instalaţie să poată rămînea avantajos.

Un caz deosebit de interesant îl prezintă aplicarea instalaţiilor de termocompresie (cu jet sau cu comprimare mecanică) la instalaţiile de vaporizare,

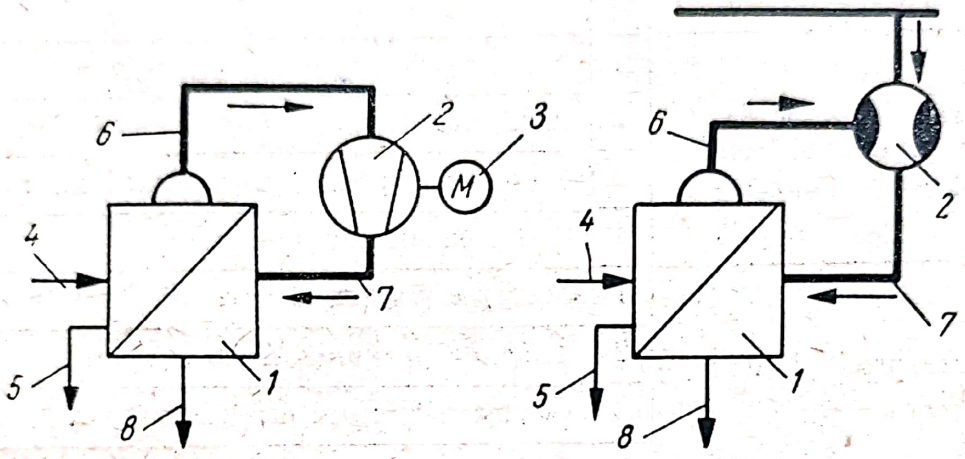


Fig. 9.6. Schema instalaţiei de vaporizare cu termocompresor:
a — cu compresor mecanic; *b* — cu compresor cu jet; *1* — vaporizator; *2* — compresor; *3* — motor electric; *4* — soluţie brută; *5* — concentrat; *6* — abur secundar; *7* — abur de încălzire; *8* — distilat.

distilare sau concentrare a soluţiilor, la care se consumă importante cantităţi de căldură. Prin aplicarea unui termocompresor, această căldură poate fi reintrodusă în circuitul instalaţiei de vaporizare (v. fig. 9.6). Prin folosirea termocompresoarelor, consumul de combustibil necesar pentru vaporizarea soluţiilor poate fi redus la mai puţin de 50%.

9.2.3. Exploatarea, întreţinerea şi reparaţia instalaţiilor de termocompresoare

Exploatarea instalaţiilor de termocompresoare cu compresoare cu jet este deosebit de simplă: funcţionînd la regim constant şi neavînd piese în mişcare, instalaţia nu are nevoie nici măcar de supraveghere (eventualele variaţii de consum fiind acoperite în general prin reductoare de presiune automatizate, care funcţionează în paralel).

În majoritatea cazurilor, dereglarea funcţionării instalaţiilor se datorează modificării unor condiţii de funcţionare (tabela 9.4). Remedierile constau în restabilirea parametrilor şi valorilor nominale de exploatare.

Deficienţele asemănătoare pot fi provocate prin uzura exagerată a unor piese (în deosebi a ajutajelor), prin pătrunderea în instalaţie a unor corpuri străine, precum şi prin erori de montare, o importanţă deosebită avînd coaxialitatea ajutajului cu gîtul difuzorului şi cu partea divergentă a acestuia.

Întreţinerea şi reparaţia acestor instalaţii sînt foarte simple, piesele supuse uzurii fiind ajutajele, difuzoarele (în mai mică măsură), garniturile şi presetupele. La executarea ajutalelor şi difuzoarelor de schimb este necesar să se acorde toată

Tabela 9.4. **Deranjamentele provocate de modificarea condițiilor de funcționare, în exploatarea instalațiilor de termocompresoare cu compresoare cu jet**

Deranjamentul		Cauza
Scăderea debitului de abur de alimentare	1	Scăderea presiunii aburului de alimentare
Scăderea debitelor de abur aspirat și refulat (în general simultan)	1	Scăderea presiunii aburului de alimentare
	2	Scăderea presiunii aburului aspirat
	3	Creșterea temperaturii aburului aspirat
	4	Creșterea presiunii de refulare
Scăderea presiunii de refulare	1	Scăderea presiunii aburului de alimentare
	2	Scăderea presiunii aburului aspirat
	3	Creșterea temperaturii aburului aspirat
	5	Creșterea consumului (de abur refulat)

atenția respectării dimensiunilor secțiunilor de curgere, precum și formelor constructive alese în scopul de a se asigura montarea corectă (coaxială).

La instalațiile de termocompresoare cu turbocompresoare, în cazul abaterii de la condițiile nominale de funcționare, în sensul măririi sarcinii (creșterea debitului, creșterea presiunii de refulare etc.), rezultă o creștere corespunzătoare a consumului de energie electrică. Întreținerea și reparația acestui tip de instalație se rezumă în general la lucrările necesare pentru menținerea în bună stare a turbocompresorului.

Pe lîngă prescripțiile speciale de tehnica securității muncii, este necesar să se respecte și regulile cu caracter general, corepunzătoare instalațiilor care funcționează sub presiune, la temperaturi ridicate și care au fost prezentate la sfîrșitul subcapitolului 9.1.

9.3. INSTALAȚII DE USCARE

Uscarea este un procedeu tehnic care constă în îndepărtarea parțială, sau chiar totală, a umidității continue din materiale. Ea poate fi naturală sau artificială.

Uscarea naturală este un procedeu simplu, în general ieftin, care nu are nevoie de instalații speciale, dar care prezintă numeroase dezavantaje: durata uscării este mare, gradul și durata uscării depind de anotimp și de starea atmosferică, sînt necesare suprafețe mari pentru depozitarea îndelungată a materialelor; pentru a se evita uscarea neomogenă este necesară răscolirea și întoarcerea materialelor, procesul de uscare nu poate fi reglat etc.

Uscarea artificială se realizează în instalații speciale. Prin acest procedeu se poate obține un grad de uscare mai înaintat decît la uscarea naturală, mergînd

pînă la îndepărtarea totală a umidității din materiale; durata și gradul uscării pot fi reglate după necesități și sînt independente de condițiile atmosferice. Datorită vitezei mari de uscare, suprafețele ocupate de instalațiile de uscare (la producție egală) sînt cu mult mai mici decît cele necesare pentru depozitarea materialelor supuse uscării naturale. Datorită avantajelor pe care le prezintă, uscarea artificială este în general preferată uscării naturale, fiind folosită aproape în toate ramurile industriale.

Procedeele și instalațiile de uscare artificială folosite sînt foarte numeroase; în principal, acestea se clasifică în procedee și instalații termice, mecanice și chimice.

9.3.1. Principalele tipuri de instalații de uscare termică

Urcarea termică constă în înlăturarea umidității prin evaporare, aceasta fiind provocată prin încălzirea materialului supus uscării (v. tabela 9.5).

Tabela 9.5. **Principalele procedee de uscare termică**

Procedeul de uscare		Caracteristici generale
1	Naturală	Reducerea parțială a umidității prin evaporare naturală
2	Artificială	Înlăturarea parțială sau totală a umidității, prin evaporare provocată artificial, prin mijloace termice
2.1	Prin convecție	Materialul supus uscării primește căldura necesară pentru evaporarea umidității, de la un agent de uscare
2.1.1	Cu aer cald	Agentul de uscare este aerul cald
2.1.2	Cu gaze de ardere	Agentul de uscare este un amestec de gaze de ardere
2.1.3	Cu abur supraîncălzit	Agentul de uscare este aburul supraîncălzit
2.2	Prin contact	Materialul supus uscării primește căldura necesară pentru evaporare, de la o suprafață caldă, cu care este în contact direct
2.2.1	Prin contact la presiunea atmosferică	Uscare prin contact, în interiorul instalației presiunea fiind egală cu presiunea atmosferică
2.2.2	Prin contact, în vid	Uscare prin contact, în interiorul instalației presiunea fiind mai joasă decît presiunea atmosferică
2.3	Cu raze infraroșii	Materialul supus uscării primește căldura necesară pentru evaporare, prin radiația termică (infraroșu) emisă de suprafețe radiante
2.4	Prin curenți de înaltă frecvență	Căldura necesară evaporării umidității provine din energia electromagnetică a unor curenți de înaltă frecvență, care străbat materialul supus uscării

Scanned with OKEN Scanner

Numărul tipurilor de instalații de uscare prin convecție este foarte mare, ele clasificîndu-se după caracteristicile funcționale și constructive. Astfel, instalațiile de uscare atmosferice funcționează la presiunea atmosferică sau la o presiune apropiată de aceasta. *Instalațiile de uscare cu vid* funcționează la o presiune cu mult inferioară presiunii atmosferice. Ele cuprind (fig. 9.7) o cameră etanșă, în care se introduce materialul supus uscării. O pompă de vid aspiră în permanență aerul care pătrunde prin neetanșeități; în general vaporii sînt evacuați din instalații după ce sînt condensați. *În instalațiile de uscare cu acțiune periodică*, funcționarea este întreruptă de încărcarea și descărcarea materialului, ceea ce duce la importante pierderi de căldură și de timp; în *instalațiile de uscare cu acțiune continuă*, încărcarea și descărcarea făcîndu-se prin părți diferite ale instalației, aceste operații nu întrerup uscarea materialului existent în uscător.

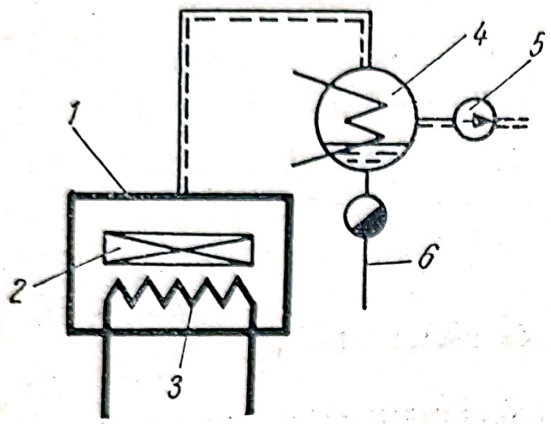


Fig. 9.7. Schema instalației de uscare cu vid:

1 — cameră de uscare; *2* — material de uscat; *3* — baterie de încălzire; *4* — condensator; *5* — pompă de vid; *6* — condensat (umiditate) evacuat.

După modul de circulație a agentului de uscare, se deosebesc:

Instalații de uscare cu circulație naturală, în care circulația se datorește numai tirajului natural; *instalații de uscare cu circulație forțată*, în care circulația agentului de uscare se datorește unor mașini sau aparate speciale (ventilatoare, ejectoare); *instalații de uscare cu circuit deschis*, în care agentul de uscare trece o singură dată prln uscător, fiind apoi evacuat în exterior (fig. 9.8, *a*); *instalații de us-*

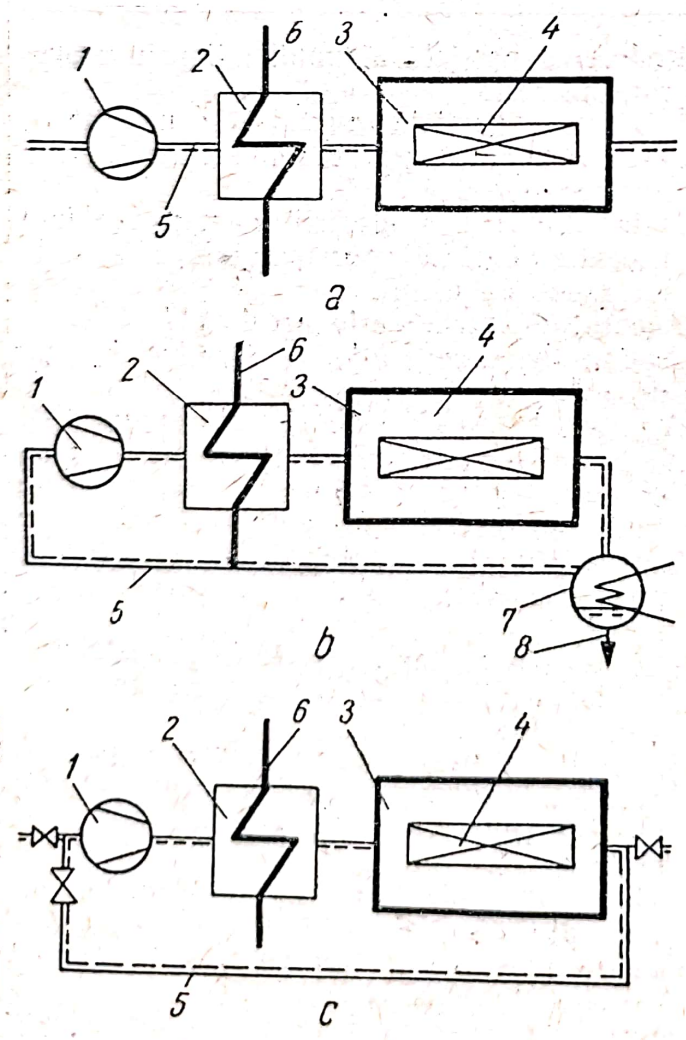


Fig. 9.8. Schema instalației de uscare cu circuit deschis *a*, închis *b* și cu recirculare *c*:

1 — ventilator; *2* — schimbător de căldură; *3* — uscător; *4* — material de uscat; *5* — agent de uscare; *6* — agent de încălzire; *7* — condensator; *8* — condensat (umiditate).

care cu circuit închis (fig. 9.8, *b*), în care agentul de uscare, după ieșirea din uscător, trece printr-un răcitor-condensator, în care se reține umiditatea, după care, trecînd prin bateria de încălzire, revine la uscător; *instalații de uscare cu recirculație* (fig. 9.8, *c*), în care, parte din agentul de uscare evacuat din uscător este reintrodus în acesta.

După locul de încălzire a agentului de uscare se deosebesc:

Instalații de uscare cu încălzire exterioară, la care încălzirea agentului de uscare se realizează în afara uscătorului propriu-zis, într-un focar sau într-un schimbător de căldură; *instalații de uscare cu încălzire interioară*, la care încălzirea agentului de uscare se realizează chiar în spațiul de uscare (prin arderea unui combustibil, sau cu un schimbător de căldură); *instalații de uscare cu încălzire intermediară*, la care agentul de uscare este încălzit de mai multe ori, între diferitele zone din uscător, prin intermediul unor schimbătoare de căldură.

După caracteristicile constructive și funcționale, uscătoarele cu convecție se împarte în:

Uscătoare-cameră: uscătoare cu acțiune periodică, compuse dintr-o cameră în care se introduce materialul care rămîne nemișcat în timpul uscării. După modul de circulație a agentului de uscare, se deosebesc mai multe tipuri de uscătoare-cameră. Astfel, *în uscătoarele-cameră cu circulație naturală* (fig. 9.9, *a*)

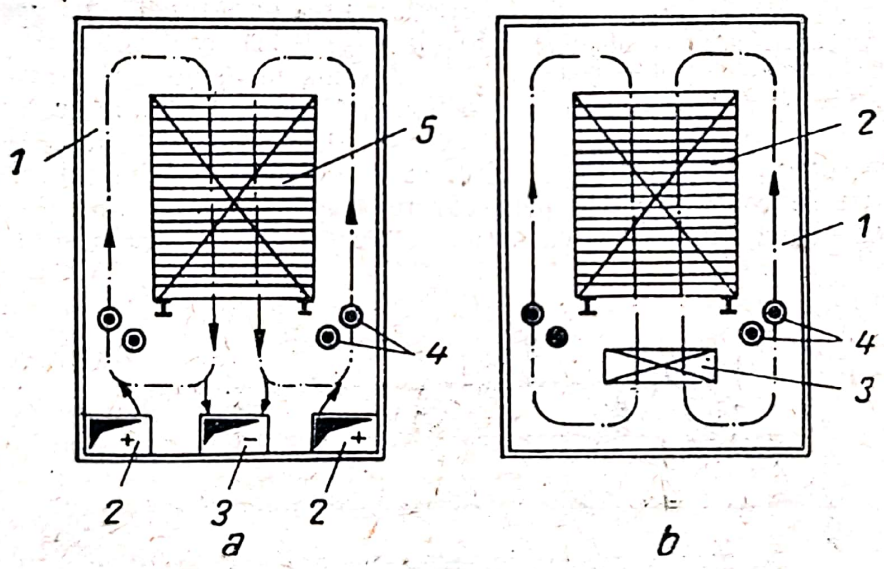


Fig. 9.9. Schema uscătorului-cameră cu circulație naturală, cu recirculație *a*, cu circuit închis *b*:

1 — cameră de uscare; *2* — material de uscat; *3* — baterie de încălzire; *4* — canale pentru intrarea agentului de uscare; *5* — canale pentru ieșirea agentului de uscare.

agentul de uscare (în general aer) pătrunde din exterior prin canale, trece prin bateria de încălzire, se ridică pe lîngă material, pătrunde în partea superioară a acestuia și pe măsură ce coboară prin stiva de material, se încarcă cu umiditate. O parte din agentul de uscare umezit se evacuează în exterior, restul este recirculat. La *uscătoarele-cameră cu circuit închis* (fig. 9.9, *b*), umiditatea preluată de agentul de uscare este reținută din acesta, fie de un condensator montat chiar în camera de uscare, fie cu substanțe adsorbante (silicagel, cărbune activat, clorură de calciu, acid sulfuric etc. *Uscătoarele-cameră cu circulație artificială*

sînt prevăzute cu ventilatoare. Montarea acestora în exteriorul camerei de uscare permite exploatarea mai ușoară a uscătorului și reduce gabaritul acestuia, dar mărește consumul de energie. Montarea ventilatoarelor în interiorul camerei de uscare mărește gabaritul acestuia și complică exploatarea, reducînd însă de cîteva ori consumul de energie. La *uscătoarele-cameră cu ejecție*, agentul de uscare este introdus în cameră printr-un ejector, care aspirînd parte din agentul de uscare existent în cameră, activează recircularea acestuia (fig. 9.10).

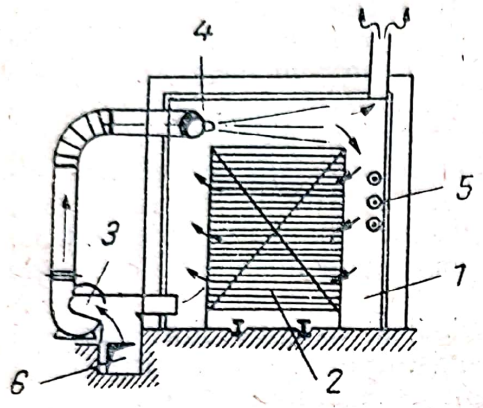


Fig. 9.10. Schema uscătorului-cameră cu ejecție:

1 — cameră de uscare; *2* — material; *3* — ventilator; *4* — ejector; *5* — baterie de încălzire; *6* — canal pentru aer.

Instalațiile de uscare-tunel sînt instalații cu acțiune continuă, formate dintr-o cameră în lungul căreia se deplasează materialul supus uscării. Materialul se introduce pe la un capăt, prin dispozitive de transport (vagonete, benzi întinse, benzi cu bucle, șuruburi fără fine etc.), iar după uscare părăsește tunelul pe la capătul opus. La extremități, instalația este prevăzută cu dispozitive (uși) pentru închidere etanșă. Se folosesc uscătoare-tunel cu vagonete, cu bandă (fig. 9.11), cu bucle etc.

Instalațiile de uscare cu cuvă sînt instalații cu acțiune continuă. Ele constau dintr-o cuvă (turn) în care materialul se introduce prin partea superioară și este apoi lăsat să se deplaseze în lungul cuvei. Această deplasare se poate produce prin cădere liberă, cădere încetinită de șicane sau, întreaga cuvă fiind plină cu material, acesta coboară pe măsură ce la partea inferioară se scoate materialul uscat. Agentul de uscare poate circula în contracurent, sau în echicurent. Cele mai folosite sînt uscătoarele cuvă cu șicane.

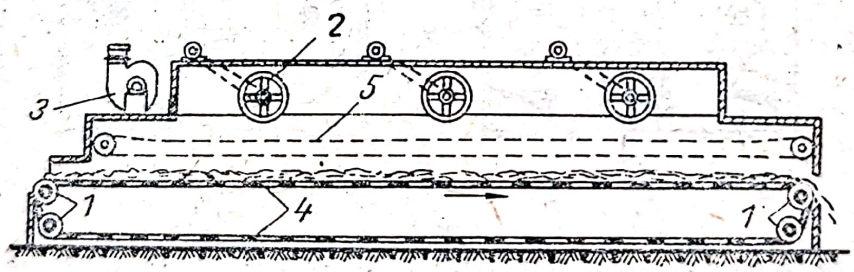


Fig. 9.11. Schema uscătorului cu bandă:

1 — role de antrenare; *2* — ventilator de circulație; *3* — ventilator de evacuare; *4* — bandă transportoare; *5* — site pentru reținerea materialului.

Instalațiile de uscare cu tambur au ca parte principală un tambur cilindric înclinat, care se rotește cu 1—8 rot/min, înclinarea fiind de 1/15—1/50. Pe la capătul superior se introduce materialul umed. Datorită rotirii și înclinării tamburului, materialul este în permanență răscolit, deplasîndu-se spre partea inferioară. Agentul de uscare — gaze de ardere, mai rar aer cald — circulă prin

interiorul tamburului, de cele mai multe ori în echicurent cu materialul. Evacuarea agentului de uscare se face în general printr-un ventilator, mai rar printr-un coș cu tiraj natural.

La *instalațiile pneumatice de uscare*, materialul de uscat, care se prezintă sub formă de praf sau granule cu dimensiuni de cel mult 10 mm este antrenat într-un curent fierbinte sau gaze de ardere (fig. 9.12), în contact cu care își pierde

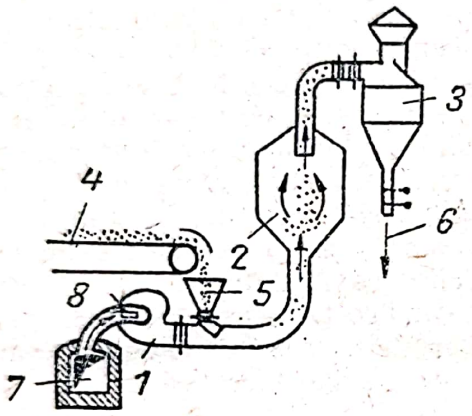


Fig. 9.12. Schema instalației pneumatice de uscare:

1 — ventilator; *2* — tobă; *3* — separator; *4* — transportor; *5* — buncăr; *6* — material uscat; *7* — agent de uscare; *8* — priză de aer.

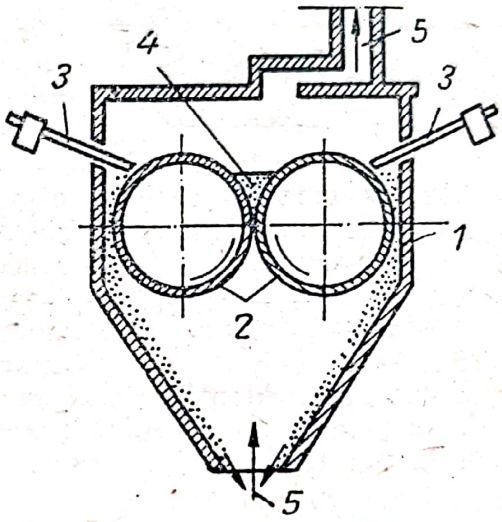


Fig. 9.13. Schema uscătorului cu doi cilindri:

1 — carcasă; *2* — cilindri; *3* — cuțite; *4* — material de uscat; *5* — material uscat.

umiditatea. O dată cu aceasta reducîndu-se greutatea granulelor, ele sînt antrenate de către agentul de uscare și ajungînd în separator (ciclon) sînt colectate, agentul de uscare fiind apoi evacuat în exterior.

Construcția instalațiilor pneumatice de uscare este simplă, putînd fi realizată adeseori cu mijloacele proprii existente în întreprinderile industriale.

În afara celor descrise, mai există numeroase alte tipuri de instalații de uscare prin convecție (tubulare, cu pulverizare etc.) folosite în cazuri speciale.

Cele mai răspîndite instalații de uscare prin contact sînt *uscătoarele cu cilindri* (fig. 9.13). La acestea, materialul de uscat — lichid sau pastă — este preluat continuu dintr-un rezervor, aderînd la suprafața unuia sau mai multor cilindri care se rotesc. Cilindrii sînt încălziți în interior cu abur sau apă caldă. Stratul de 0,1—1 mm aderent la suprafața cilindrilor se usucă, este răzuit și apoi preluat de un transportor mecanic. În mod obișnuit durata uscării este de 5—30 s., iar turația cilindrilor de 2—8 rot/min.

Instalațiile de uscare prin raze infraroșii se deosebesc între ele prin caracteristicile sursei de energie radiantă. În instalațiile de uscare cu lămpi, căldura este radiată de lămpi cu incandescență, de construcție specială sau, eventual chiar lămpi obișnuite pentru iluminat. În general intensitatea radiației este de 0,2—2 W/cm², iar distanța dintre lămpi și material de 50—400 mm. Din energia electrică consumată, 70—80% se transformă în radiație termică utilă. *Instalațiile de uscare cu suprafețe radiante*, folosesc ca sursă de radiații suprafețe meta-

lice sau ceramice, încălzite la 350—600°C. Încălzirea suprafețelor radiante se poate face cu gaze de ardere, sau direct de la flacără; în ultimul timp s-au răspîndit ca surse radiante arzătoarele cu ardere fără flacără. Uscătoarele cu suprafețe radiante asigură o uniformitate foarte bună. Ele au o inerție termică ceva mai mare decît uscătoarele cu lămpi, dar costul energiei consumate este de 5—10 ori mai redus.

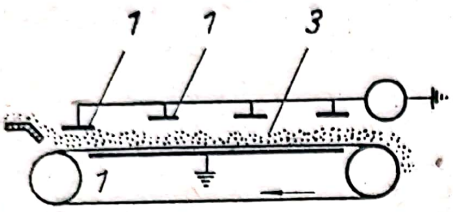


Fig. 9.14. Schema instalației de uscare cu curenți de înaltă frecvență:
1 — electrozi; *2* — transportor; *3* — material.

Instalațiile de uscare cu curenți de înaltă frecvență se compun dintr-un generator de curent de înaltă frecvență și camera de uscare propriu-zisă. Frecvența curentului este cuprinsă în mod obișnuit între 3 000 și 5 000 Hz.

Camera de uscare este prevăzută cu un dispozitiv pentru transportul — eventual așezarea — materialului de uscat, un sistem de evacuare a umidității degajate și un sistem de electrozi (fig. 9.14). Forma, dimensiunile și modul de amplasare a acestora depinde de caracteristicile materialului.

Uscarea prin curenți de înaltă frecvență fiind costisitoare, se folosesc metode combinate, prin curenți de înaltă frecvență și prin alte procedee de uscare termică, reducîndu-se astfel de cîteva ori consumul de energie electrică.

9.3.2. Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor de uscare

Regimul de uscare se stabilește de către specialiștii tehnologi, în funcție de caracteristicile materialului și ale instalației. În urma stabilirii regimului de uscare, trebuie prescrise condițiile de funcționare a instalației: debitul și parametrii (temperatura și conținutul de umiditate) agentului de uscare, la intrarea și la ieșirea din camera de uscare; cantitatea de material supus uscării, durata uscării. Personalului de exploatare îi revine sarcina de a respecta întru totul regimul de uscare.

Debitul agentului de uscare se reglează acționîndu-se asupra clapetelor de pe canale și eventual asupra turației ventilatoarelor. Parametrii agentului pe uscare se reglează acționîndu-se asupra debitului agentului de încălzire, asupra intensității curentului (la încălzirea electrică), precum și asupra cantității de agent de uscare recirculat (la instalațiile de recirculare).

Durata de uscare depinde de durata de staționare a materialului în camera de uscare, la instalațiile cu acțiune periodică, respectiv de viteza de deplasare a materialului, la instalațiile cu acțiune continuă.

La instalațiile moderne, o mare parte din manevrele curente de reglare se execută în mod automat.

Normele de tehnica securității muncii prevăd, pe lîngă izolarea termică a suprafețelor exterioare și protejarea conductorilor aflați sub tensiune, măsuri speciale pentru evacuarea continuă a substanțelor toxice, inflamabile etc., care eventual se degajă în timpul uscării. Trebuie luate măsuri speciale pentru evitarea unor accidente (explozii, intoxicări), în care scop nu este permis să se deschidă astfel de instalații decît după o bună aerisire.

În cadrul lucrărilor de întreținere și reparație, este necesar să se dea o atenție deosebită următoarelor părți ale instalațiilor de uscare:

— partea mecanică: ventilatoare, mecanismele și dispozitivele de transport și alimentare, organele de reglare (clapete, ventile etc.);
— partea termică: schimbătoarele de căldură, eventual instalațiile de ardere (arzătoare, injectoare);
— ansamblul instalației: izolația termică, conductele și canalele, zidăria, pereții camerelor de uscare, ușile. Îndeosebi trebuie menținută buna etanșeitate a instalației, verificîndu-se din acest punct de vedere, la scurte intervale, ușile, clapetele de reglare, porțiunile de legătură dintre conducte și canale și, în general, toate dispozitivele speciale de etanșare.

9.4. INSTALAȚII DE VID

Instalațiile de vid cuprind compresoare, care aspiră gazele din spațiul în care trebuie făcut vidul, și care refulează în exterior. Uneori aceste compresoare se numesc în mod impropriu pompe de vid. Datorită volumelor mari aspirate, precum și rapoartelor mari de comprimare, se folosesc tipuri speciale de compresoare, corespunzătoare condițiilor specifice de funcționare.

9.4.1. Tipurile instalațiilor de vid

Instalațiile de vid se deosebesc între ele, mai ales prin tipurile compresoarelor folosite.

Instalațiile de vid cu compresoare cu piston se foloseau în instalațiile de tip vechi, în deosebi la condensatoarele prin amestec ale turbinelor cu abur, la presiuni mai mari de 0,1 ata. Greutatea mare a compresorului și mișcarea alternativă a unor piese grele, necesită fundații mari și scumpe, iar ungerea cilindrului provoacă impurificarea cu ulei a apei care circulă prin instalație.

Instalațiile de vid cu compresoare centrifuge sînt prevăzute cu diferite tipuri de compresoare, asemănătoare constructiv și funcțional pompelor centrifuge. Curentul de apă aspirat din condensator antrenează și aer din condensator, care astfel este comprimat și refulat la o presiune cu puțin peste presiunea atmosferică.

Compresoarele de acest tip prezintă față de compresoarele cu piston unele avantaje: dimensiuni și greutate mai mici, vid mai accentuat, funcționare liniștită (neavînd piese în mișcare alternativă), condensatul nu se impurifică cu ulei, se poate aplica acționarea directă, cu motor electric sau turbină, la turație ridicată. Dezavantajele cele mai importante sînt: funcționarea neuniformă și uneori defectuoasă la schimbarea regimului în instalația de vid; defectarea pieselor rotitoare, în deosebi a paletelor rotorului; înfundarea canalelor statorului, cu săruri din apă. Exploatarea este destul de complicată și siguranța în funcționare nesatisfăcătoare. Acest tip de compresor, mult folosit în urmă cu cîțiva zeci de ani, în prezent nu se mai întîlnește decît la construcțiile mai vechi.

În instalațiile de vid cu compresoare cu jet se folosesc ejectoare hidraulice și ejectoare (compresoare cu jet) cu abur.

Ejectorul hidraulic (fig. 9.15) este alimentat cu apă la 4—6 at. Vîna de apă care iese din ajutaj cu viteză mare, antrenează (datorită frecării) gazele aspirate în camera de amestec. Jetul de apă (care conține și gazele antrenate) este evacuat prin difuzor, la o presiune cu puțin superioară presiunii atmosferice.

Scanned with OKEN Scanner

Construcția și exploatarea ejectoarelor hidraulice sînt foarte simple; necesitatea unei pompe de alimentare face însă ca siguranța în exploatare să fie mai mică decît a ejectoarelor cu abur.

Ejectoarele cu abur funcționează după același principiu ca cele cu apă, cu deosebirea că în locul apei ejectorul este alimentat cu abur. Presiunea acestuia este în mod obișnuit de 5—15 at, uneori chiar mai scăzută.

La instalațiile care funcționează cu vid foarte accentuat (presiunea fiind de cîteva sutimi de atmosfere), pentru reducerea consumului de abur se folosesc instalații cu ejectoare cu abur cu mai multe trepte (două, mai rar trei trepte). La astfel de instalații (fig. 9.16) amestecul abur-gaze este refulat de ejectorul primei trepte la o presiune intermediară, într-un răcitor-condensator, în care cea mai mare parte din abur se condensează; astfel, treapta a doua nu aspiră

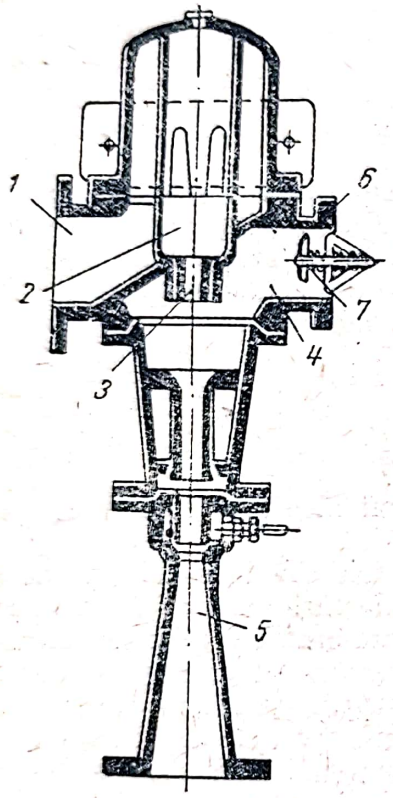


Fig. 9.15. Ejector hidraulic:

1 — racordul apei de alimentare; *2* — camera ajutajului; *3* — ajutaj; *4* — camera de amestec; *5* — difuzor; *6* — racordul de aspirație a aerului; *7* — supapă de reținere.

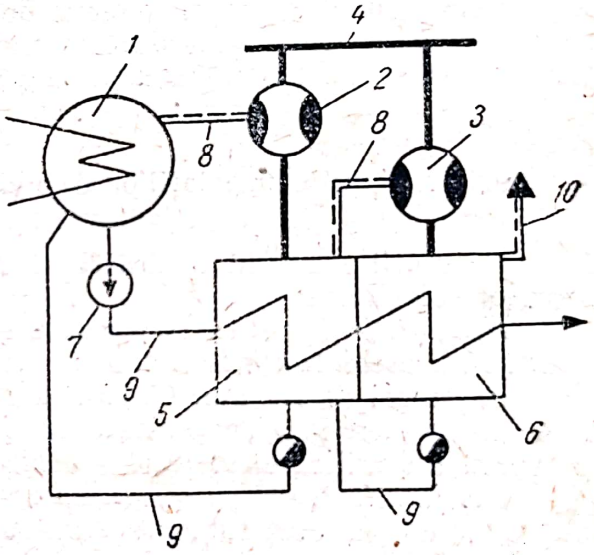


Fig. 9.16. Schema instalației de vid cu ejector cu abur în două trepte:

1 — condensator; *2* — ejector treapta I; *3* — ejector treapta II; *4* — abur de alimentare; *5* — răcitor treapta I; *6* — răcitor treapta II; *7* — pompă de condensat; *8* — aer aspirat; *9* — condensat; *10* — evacuare.

decît gazele și o mică cantitate de abur rămasă eventual necondensată. Amestecul abur-gaze refulat de treapta a doua este trimis de asemenea într-un răcitor-condensator, pentru recuperarea condensatului și căldurii aburului refulat. Gazele necondensate sînt evacuate în atmosferă.

Instalațiile de vid ale turbinelor cu abur sînt în general prevăzute și cu un ejector de pornire, care aspiră din condensator și evacuează direct în atmosferă; acesta se pune în funcțiune numai în perioada de pornire a instalației, iar după amorsarea acesteia, se trece la funcționarea cu ejectoarele principale (în trepte).

Instalațiile de vid cu ejectoare cu abur neavînd nici o piesă în mișcare, construcția lor este foarte simplă iar exploatarea este simplă și sigură. Pentru

aceste motive ejectoarele de vid cu abur sînt deosebit de răspîndite. Armăturile montate pe partea de instalație care funcționează sub vid sînt prevăzute cu etanșări hidraulice, astfel, încît, în caz de defectare a presetupelor, să se aspire în instalație apă și nu aer.

9.4.2. Exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor de vid

Marea majoritate a instalațiilor de vid fiind prevăzute cu ejectoare de abur, în cele ce urmează se vor da indicații privitoare în special la aceste tipuri de instalații.

La punerea în funcțiune a instalațiilor de vid se verifică dacă toate comunicațiile cu atmosfera sînt închise; dacă din spațiul în care urmează să se facă vid aspiră pompe (de exemplu pompe de condensat), acestea se pun în funcțiune înainte de producerea vidului.

La punerea în funcțiune a ejectoarelor, ordinea de manevrare a ventilelor este următoarea: se deschide ventilul de alimentare cu abur, apoi ventilul de pe conducta de aspirare în ejector; la scoaterea din funcțiune se procedează în ordine inversă. Nerespectarea acestor reguli la funcționarea în paralel a mai multor ejectoare duce la stricarea vidului. La instalațiile cu ejectoare de pornire, acestea se mențin în funcțiune pînă se obține un vid care permite amorsarea ejectoarelor principale (în mod obișnuit 50—70% din vidul normal). La unele instalații, o dată cu ejectorul de pornire se pune în funcțiune și treapta a doua a ejectoarelor principale, în prealabil fiind necesar să se pornească pompa care asigură circulația apei prin răcitorul aburului provenit de la ejectoare. După atingerea vidului care permite funcționarea ejectoarelor principale, se pun în funcțiune ambele trepte și se oprește ejectorul de pornire.

Funcționarea necorespunzătoare a instalațiilor de vid se datorește aproape întotdeauna următoarelor cauze: neetanșeitatea instalației, funcționarea defectuoasă a compresoarelor, înrăutățirea condițiilor de schimb de căldură (la instalațiile de condensație).

Verificarea etanșeității se poate efectua în timpul funcționării instalației. În acest scop se întrerupe funcționarea ejectoarelor și se notează valoarea vidului, din jumătate în jumătate de minut, timp de 5—7 min., cu condiția ca vidul să nu ajungă la o valoare care să dăuneze restului instalației. Dacă viteza de reducere a vidului este mai mare decît cea corespunzătoare condițiilor normale de funcționare [1]), înseamnă că instalația prezintă neetanșeități anormale. Verificarea etanșeității trebuie făcută periodic, la intervale prescrise în instrucțiunile de exploatare (dacă nu există prescripții în această privință, verificarea se face la maximum o lună). De asemenea, ea trebuie făcută ori de cîte ori se constată o funcționare anormală, precum și înainte și după reviziile și reparațiile periodice.

Descoperirea neetanșeităților se poate efectua cu instalația în funcțiune sau cu instalația scoasă din funcțiune. Verificarea instalațiilor în funcțiune se efectuează cu flacăra (v. § 9.1.4). Verificarea minuțioasă nu se poate efectua însă decît după scoaterea din funcțiune a instalației și supunerea sa la o presiune de 2—3 ata (prin alimentare de la o stație de compresoare de aer). Toate îmbinările și locurile unde sînt posibile neetanșeități se ung — la exterior — cu o emulsie de săpun în apă. Datorită scăpării de aer din interior, la locurile neetanșe, se produc bășici, care permit detectarea ușoară și sigură a neetanșeităților.

[1]) Este bine ca pentru fiecare instalație să se determine viteza normală de reducere a vidului, cu instalația în perfectă stare de funcționare.

Funcționarea defectuoasă a ejectoarelor se poate datora înfundării cu săruri din abur, sau cu corpuri străine, a sitelor de protecție montate înaintea ajutajelor, sau chiar a ajutajelor. Înfundarea sitelor se recunoaște prin reducerea presiunii în camera dinaintea ajutajelor, oricît s-ar deschide ventilul de alimentare; înfundarea ajutajelor cu săruri provoacă creșterea progresivă a presiunii în camera dinaintea ajutajelor, iar înfundarea cu corpuri străine provoacă creșterea bruscă a acestei presiuni. În astfel de situații se pun în funcțiune ejectoarele de pornire sau cele de rezervă și se curăță instalația; înlăturarea corpurilor străine se poate încerca prin închiderea și deschiderea bruscă de cîteva ori a ventilului de alimentare cu abur.

Uzarea ajutajelor duce la mărirea consumului de abur, și eventual, la reducerea vidului; montarea greșită a ejectoarelor, în deosebi abaterea de la coaxialitatea dintre ajutaj și difuzor, poate avea ca urmare reducerea importantă a debitului de gaze aspirate și micșorarea vidului.

Înrăutățirea condițiilor de schimb de căldură (v. 9.1.4), atît în condensatorul din care aspiră ejectoarele, cît și în răcitoarele ejectoarelor, determină creșterea presiunii de condensare și mărirea cantității de abur aspirat, ceea ce are ca urmare reducerea vidului.

9.5. INSTALAȚII PENTRU RĂCIREA APEI

Dacă pentru răcirea unei instalații se dispune de o sursă suficient de bogată de apă, se alege răcirea în circuit deschis: apa preluată de la sursă (rîu, lac, puț) trece prin instalația care trebuie răcită, fiind apoi evacuată în exterior (la canal, în rîu etc.), cu o temperatură mai ridicată. Dacă sursa de apă nu asigură un debit suficient, se recurge la răcirea în circuit închis; apa evacuată cu temperatură mai ridicată este trimisă la o instalație de răcire, unde i se reduce temperatura pînă la o valoare care să-i permită refolosirea.

9.5.1. Tipurile instalațiilor de răcire a apei

Răcirea apei se realizează în turnuri de răcire sau în bazine de stropire. În acestea, apa caldă, care trebuie răcită, vine în contact cu aerul atmosferic, mai rece, cedează căldura, astfel încît temperatura apei se reduce, o parte din apă evaporîndu-se. În timpul verii, aproximativ 85% din căldura cedată de apă reprezintă căldura de evaporare, restul de 15% fiind cedată mediului înconjurător prin contact direct; iarna, căldura cedată prin evaporare scade la 30—50%, căldura cedată direct aerului atmosferic ajungînd la 50—70%. Datorită evaporării, o parte din apa de răcire se pierde (vezi tabela 9.6). Capacitatea instala-

Tabela 9.6. **Pierderea de apă prin evaporare, în %, în instalațiile de răcire a apei**

Răcirea apei, Δt grd.	5	10	15
Vara	0,8	1,6	2,4
Primăvara și toamna	0,6	1,2	1,8
Iarna	0,4	0,8	1,2

ților de răcire este determinată de debitul apei răcite (W, în m³/h) și mărimea zonei de răcire (Δt, în grd).

Teoretic apa poate fi răcită în astfel de instalații pînă la temperatura aerului atmosferic, măsurată cu termometrul umed [1]). În general această temperatură este mai mică decît temperatura aerului măsurată cu termometrul obișnuit.

Turnurile de răcire sînt construcții din lemn sau beton, în formă de turn, gol în interior. Apa, adusă la înălțimea de 4—10 m prin jgheaburi dispuse radial, sau în rînduri paralele, cade prin niște țevi scurte, montate pe fundul jgheaburilor, la distanțe de 0,5—0,8 m, pe rozete de porțelan, sticlă, oțel cromat sau lăcuit, împrăștiindu-se sub formă de picături. Acestea, lovindu-se în cădere de un grătar din șipci de lemn, se împrăștie sub formă de ploaie, pe întreaga suprafață a turnului, colectîndu-se apoi în bazinul existent la baza acestuia, de unde este aspirată și trimisă în circuitul de răcire de către pompele de circulație. În turn se stabilește un curent de aer, de la bază spre vîrf. Tirajul crește cu înălțimea

Tabela 9.7. **Dimensiunile principale ale turnurilor de răcire**

Suprafața de împrăștiere m²	10	20	50	100	200	500	1000	1500	2000	2400
Înălțimea totală m	17	18	19	21	23	29	36	41	46	49
Înălțimea coșului m	10—11	11—12	12—13	14—15	16—17	22—23	28—29	33—34	38—39	41—42
Înălțimea de pompare m	6—7						7—8			

turnului; la turnurile cu capacitate foarte mare se recurge la tiraj artificial (cu ventilatoare). În tabela 9.7 se dau dimensiunile principale ale turnurilor de răcire mai des folosite.

Condițiile de funcționare a turnului se exprimă prin densitatea pioii:

$$q = \frac{W}{F} \quad [\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}],$$

în care W este debitul apei răcite;

F — suprafața de împrăștiere a turnului.

La turnurile cu tiraj natural, $q = 2 \ldots 3{,}5$ m³/m²h, iar la cele cu tiraj forțat, $q = 8 \ldots 15$ m³/m²h.

Avantajele turnurilor de răcire sînt: suprafețe ocupate reduse, sensibilitatea redusă la vînt și la variațiile temperaturii atmosferice, pierderi de apă mici. Dezavantajele constau în costul ridicat, pericol de incendiu și exploatare dificilă, mai ales iarna, cînd există pericol de îngheț.

Bazinele de stropire sînt prevăzute cu o rețea de conducte prin care se alimentează un sistem de ajutaje, dispuse la intervale regulate. Apa care trebuie răcită, împroșcată sub formă de picături fine, cade în bazin, de unde este aspirată de pompele de circulație. Răcirea are loc în cea mai mare parte în timpul căderii apei sub formă de picături, și, în măsură mai redusă, în timpul staționării în

[1]) Termometru al cărui rezervor este învelit într-un tifon umed.

bazin. La o presiune a apei înaintea ajutajelor de 5 m H_2O, densitatea ploii este de 1,2—1,5 m^3/m^2h, dacă ajutajele sînt la circa 1,5 m deasupra nivelului apei din bazin și de 2,5—3 m^3/m^2h, dacă înălțimea ajutajelor este de circa 4 m.

Față de turnuri, bazinele de stropire ocupă o suprafață mult mai mare (v. tab. 9.8), pierderile de apă sînt mai importante și condițiile atmosferice au o influență mai puternică. Costul este însă ceva mai redus și exploatarea mai simplă.

Tabela 9.8. **Dimensiunile bazinelor de stropire cu capacitate redusă (pînă la 340 m^3/h)**

Debitul maxim m^3/h	Suprafața ocupată m^2	Dimensiuni de gabarit		
		lățime	lungime	înălțime
		mm		
1,1	0,84	915	915	1830
2,2	1,49	1220	1 220	1830
4,5	1,86	1220	1 525	2750
10	3,35	1830	1 830	2750
20	4,56	2140	2 140	3660
30	8,57	2140	4 020	3660
50	20,6	2140	9 660	2750
100	36,8	2750	13 420	3660
150	61,5	4020	15 300	3660
200	76,4	4020	19 000	3660
250	91,7	4020	22 800	3660
300	110,8	4020	26 600	3660
340	122,5	4020	30 500	3660

9.5.2. Exploatarea instalațiilor de răcire a apei

În condiții climatice normale, răcirea insuficientă a apei se datorește unor defecte survenite în instalație.

Astfel, la turnurile de răcire, neetanșeitatea jgheaburilor face ca o parte din apă să se scurgă direct, sub formă de șuvițe groase, astfel încît intensitatea schimbului de căldură scade. Înălțimea inegală a apei în jgheaburi determină debite diferite prin țevi, cu efecte asemănătoare. Încărcarea diferită a jgheaburilor provoacă înclinarea acestora, tasarea inegală a stîlpilor de susținere, ceea ce accentuează funcționarea nesatisfăcătoare a turnului. Alte cauze care reduc efectul de răcire sînt: montarea greșită (neaxială) a țevilor de scurgere și a rozetelor, scurgerea apei pe lîngă țevi sau peste marginile jgheaburilor, ruperea, deplasarea sau așezarea greșită a șipcilor grătarului etc. Neetanșeitatea coșului permite aspirări de aer, ceea ce provoacă reducerea tirajului și micșorarea cantității de aer care trece prin ploaia de apă.

Înălțimea apei în jgheaburile de distribuire trebuie menținută la 120—150 mm; la sarcini parțiale înălțimea apei se poate reduce pînă la minimum 55 mm.

Exploatarea turnurilor de răcire este mai grea iarna, cînd există pericol de îngheț. Cauza principală a înghețării constă în neetanșeitățile care permit scurgerea apei în cantități mici pe suprafețele exterioare, expuse curentului de aer rece. Pentru combaterea înghețării există mai multe metode, care dau

rezultate bune, cu condiția ca turnurile să fie în bună stare. O metodă eficace constă în izolarea părții centrale a dispozitivului de împrăștiere; alimentînd astfel numai partea periferică, unde există pericol de îngheț, se asigură o densitate mai mare a stropirii, menținîndu-se o temperatură mai ridicată. O altă metodă constă în stropirea cu apă caldă a regiunilor unde se depune gheața. În acest scop, în jurul turnului se montează o conductă inelară pe care sînt fixate dispozitive pentru stropire (fig. 9.17). Debitul de apă necesară pentru stropire este aproximativ 1/4 din debitul de apă care trebuie răcită.

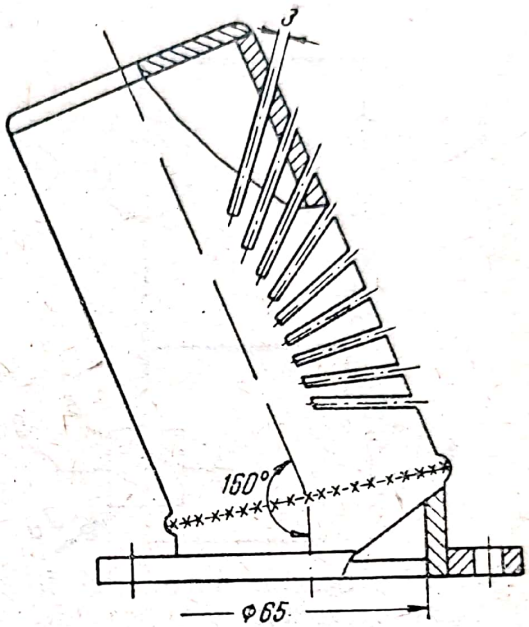


Fig. 9.17. Dispozitiv de stropire.

La bazinele de stropire, ajutajele trebuie menținute curate; cele demontate pentru curățire trebuie înlocuite cu altele, de rezervă. Conductele de distribuție trebuie spălate la începutul verii și iernii. La capătul lor se prevăd robinete de golire, pentru a se evita înghețarea la scoaterea din funcțiune în timpul iernii. Vara, pentru reducerea pierderilor de apă, aceste robinete se închid etanș. Iarna, la punerea în funcțiune, robinetele se deschid pînă la încălzirea țevilor de distribuție, pentru evitarea înghețării acestora.

Trebuie evitată golirea bazinelor turnurilor de răcire sau a bazinelor de stropire în timpul iernii; în cazuri excepționale, cînd această golire este necesară, trebuie luate măsuri pentru protejarea betonului împotriva înghețului. Cel puțin o dată pe an aceste bazine se golesc, se curăță și se verifică, îndeosebi starea izolației hidrofuge și a instalației de golire.

9.6. INSTALAȚII FRIGORIFERE

În mod obișnuit, temperatura corpurilor este egală cu temperatura mediului ambiant. Dacă este necesar să se reducă temperatura unui corp, trebuie să se preia o parte din căldura pe care acesta o conține. Instalațiile folosite pentru reducerea temperaturii corpurilor, sub temperatura mediului ambiant, respectiv pentru producerea de frig, se numesc instalații frigorifere.

9.6.1. Principiul de funcționare a instalațiilor frigorifere

În industrie, în majoritatea cazurilor se folosesc instalații frigorifice cu compresoare mecanice (de cele mai multe ori compresoare cu piston). În instalațiile frigorifere se folosesc ca agenți de lucru — agenți frigoriferi — lichide cu temperaturi de vaporizare coborîte: amoniac, bioxid de sulf, freon etc. Dintre acestea, cel mai folosit în instalațiile industriale este amoniacul (NH_3).

Modul de funcționare al instalațiilor frigorifere cu comprimare mecanică este următorul (fig. 9.18): compresorul refulează amoniacul la o presiune relativ

ridicată (cîteva atmosfere), sub formă de vapori. Aceștia ajung într-un condensator, unde cedînd apei de răcire o parte din căldura conținută, se condensează, transformîndu-se în lichid. Amoniacul lichid trece printr-un ventil de laminare, în care i se reduce presiunea, astfel încît temperatura de vaporizare scade (de exemplu la $p = 2{,}41$ at, $t_v = -15°C$). În timpul laminării, o mică cantitate de amoniac se vaporizează; amestecul lichid-vapori rezultat intră într-un recipient separator. Din partea inferioară a acestuia, lichidul pătrunde într-un schimbător de căldură — vaporizatorul. Prin pereții metalici ai acestuia, amoniacul lichid primește căldura din exterior, transformîndu-se în vapori. Deoarece vaporizarea se desfășoară la presiune relativ coborîtă, temperatura are o valoare corespunzătoare (în mod obișnuit —10... —30°C); vaporii rezultați sînt aspirați — împreună cu cei care se adună în partea superioară a separatorului — de către compresor. În acesta, în urma comprimării, temperatura amoniacului crește, astfel încît la ieșirea din compresor se obține amoniac cu presiune și temperatură relativ ridicate.

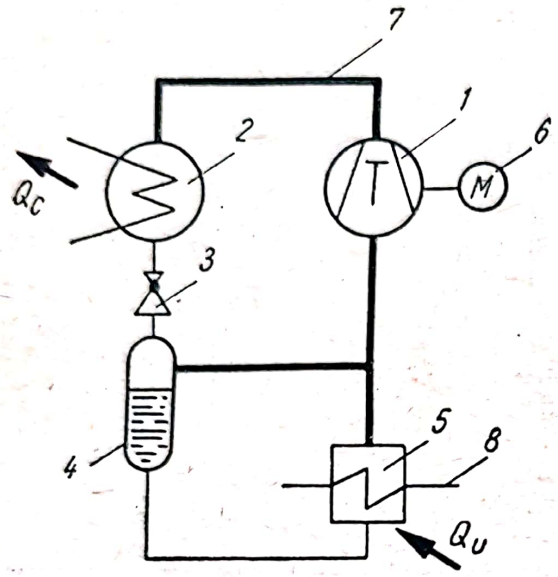


Fig. 9.18. Schema instalației frigorifere cu comprimare mecanică:
1 — compresor; *2* — condensator; *3* — ventil de laminare; *4* — separator; *5* — vaporizator; *6* — motor electric; *7* — agent frigorifer (NH_3); *8* — agent frigorifer (saramură); Q_w — căldură preluată la temperatură joasă; Q_c — căldură cedată în condensator la temperatură ridicată.

Prin *capacitatea frigoriferă* a unei instalații frigorifere se înțelege căldura preluată în timp de o oră, la temperatură joasă. Capacitatea frigorifică (numită și putere frigorifică) se dă în kcal/h. *Capacitatea frigoriferă normală* este cea corespunzătoare funcționării instalației cu temperatura de vaporizare $t_v = 10°C$ și temperatura de condensare $t_c = 25°C$. Consumul de energie a instalațiilor frigorifere depinde în primul rînd de producția de frig și de temperaturile de vaporizare și de condensare; astfel, reducerea temperaturii de vaporizare cu 1 grad determină mărirea consumului de energie electrică cu aproximativ 4,5%, iar creșterea temperaturii de condensare cu 1 grad, determină mărirea consumului de energie electrică cu aproximativ 3,5% (v. tabela 9.9).

Tabela 9.9. **Consumul mediu de energie electrică a instalațiilor frigorifere cu amoniac** (în kWh/1 000 kcal)

Temperatura de vaporizare °C / Temperatura de condensare °C	— 10	— 15	— 20	— 25	— 30
40	0,420	0,494	0,582	0,687	—
30	0,320	0,384	0,458	0,551	0,650
20	0,231	0,295	0,355	0,431	0,518
10	0,154	0,200	0,261	0,323	0,398

Scanned with OKEN Scanner

Instalațiile frigorifere obișnuite sînt construite în general pentru $t_v = -10...-15°C$ și pentru $t_c = 25...30°C$, ele putînd fi însă folosite, în anumite limite, și în afara acestor intervale de temperatură. Capacitatea frigoriferă scade cu reducerea temperaturii de vaporizare și cu creșterea temperaturii de condensare.

9.6.2. Echipamentul de bază al instalațiilor frigorifere cu comprimare mecanică

După principiul de funcționare, *compresoarele mecanice* se împart în: compresoare cu piston, turbocompresoare și compresoare rotative (cu piston rotativ sau cu lamele). În prezent, cele mai răspîndite compresoare frigorifere sînt cele din prima categorie.

După mărimea capacității frigorifere, compresoarele cu piston se împart în:

— compresor cu capacitate foarte mică, pînă la 5 000 kcal/h
— compresor cu capacitate mică 5 000—50 000 kcal/h
— compresor cu capacitate medie 50 000—300 000 kcal/h
— compresor cu capacitate mare, peste 300 000 kcal/h.

La capacități frigorifere de maximum cîteva mii de kilocalorii pe oră, compresoarele au în mod obișnuit un singur cilindru. Numărul cilindrilor crește cu capacitatea frigoriferă (fig. 9.19 și 9.20). Compresoarele sînt acționate cu motoare electrice, prin curele trapezoidale, sau, în cazul puterilor mari, prin cuplare directă.

Condensatoarele sînt răcite în mod obișnuit cu apă. În general se folosesc condensatoare tubulare și condensatoare cu evaporare. Primele sînt constituite din fascicule de țevi, închise în recipienți cilindrici (fig. 9.21); prin țevi circulă apa de răcire, iar prin spațiul intertubular agentul frigorifer. Ca variante ale acestui tip sînt condensatoarele cu elemente (formate din mai multe condensatoare tubulare, mici, cu 10—20 țevi, legate în serie sau în paralel), precum și condensatoarele țeavă în țeavă (fig. 9.22). Condensatoarele cu evaporare constau dintr-un grup de țevi în care intră vaporii de amoniac (fig. 9.23). Țevile, care sînt așezate deasupra unui bazin, sînt stropite de sus cu apă. Aceasta se prelinge de-a lungul țevilor preluînd căldură, se încălzește și parțial, se evaporă.

Majoritatea *vaporizatoarelor* sînt de două tipuri: tubulare și cu țevi verticale. Primele sînt schimbătoare de căldură tubulare (orizontale); amoniacul lichid se introduce în spațiul intertubular în partea inferioară, iar vaporii produși sînt aspirați din partea superioară; saramura circulă prin interiorul țevilor. Vaporizatoarele cu țevi verticale (fig. 9.24) constau din mai multe țevi, legate la capete prin colectoare orizontale. Amoniacul se vaporizează în interiorul țevilor. Acest tip se folosește atît la instalațiile cu răcire indirectă, fiind cufundat în bazine pentru răcirea saramurii, cît și în instalațiile cu răcire directă, fiind plasat în spațiul care trebuie răcit.

Elementele de răcire sînt schimbătoare de căldură plasate în spațiul care trebuie răcit. La instalațiile cu răcire indirectă prin aceste elemente circulă saramura; la instalațiile cu răcire directă, prin ele circulă agentul frigorifer, elementele jucînd rolul de vaporizator. În mod obișnuit elementele de răcire constau în grupuri sau serpentine de țevi, netede sau nervurate (fig. 9.25).

În tabelele 9.10...9.16 se dau principalele caracteristici ale echipamentului frigorifer fabricat în R.P.R.

Scanned with OKEN Scanner

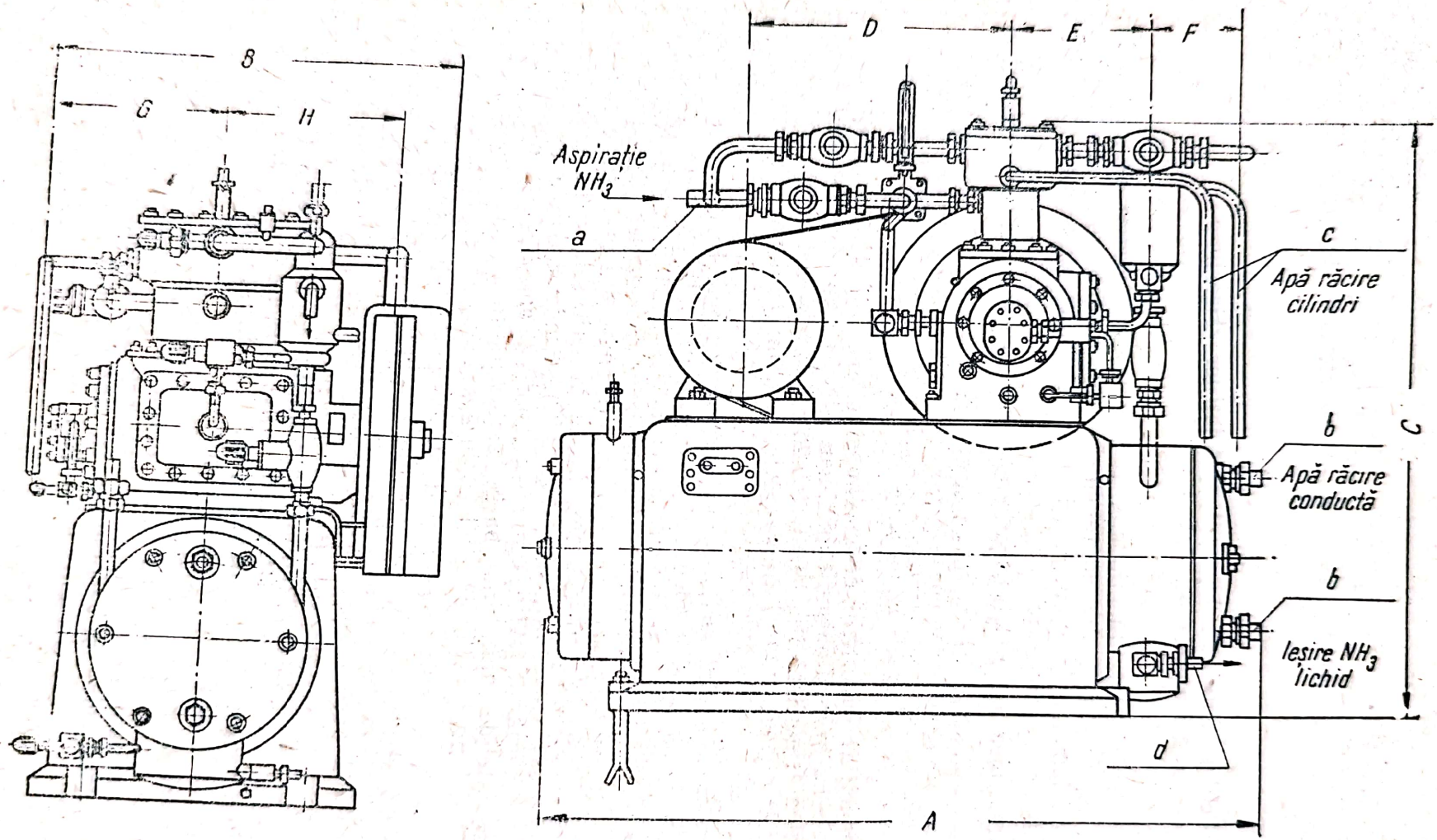


Fig. 9.19. Compresor frigorifer, tip 2AV-10.

Scanned with OKEN Scanner

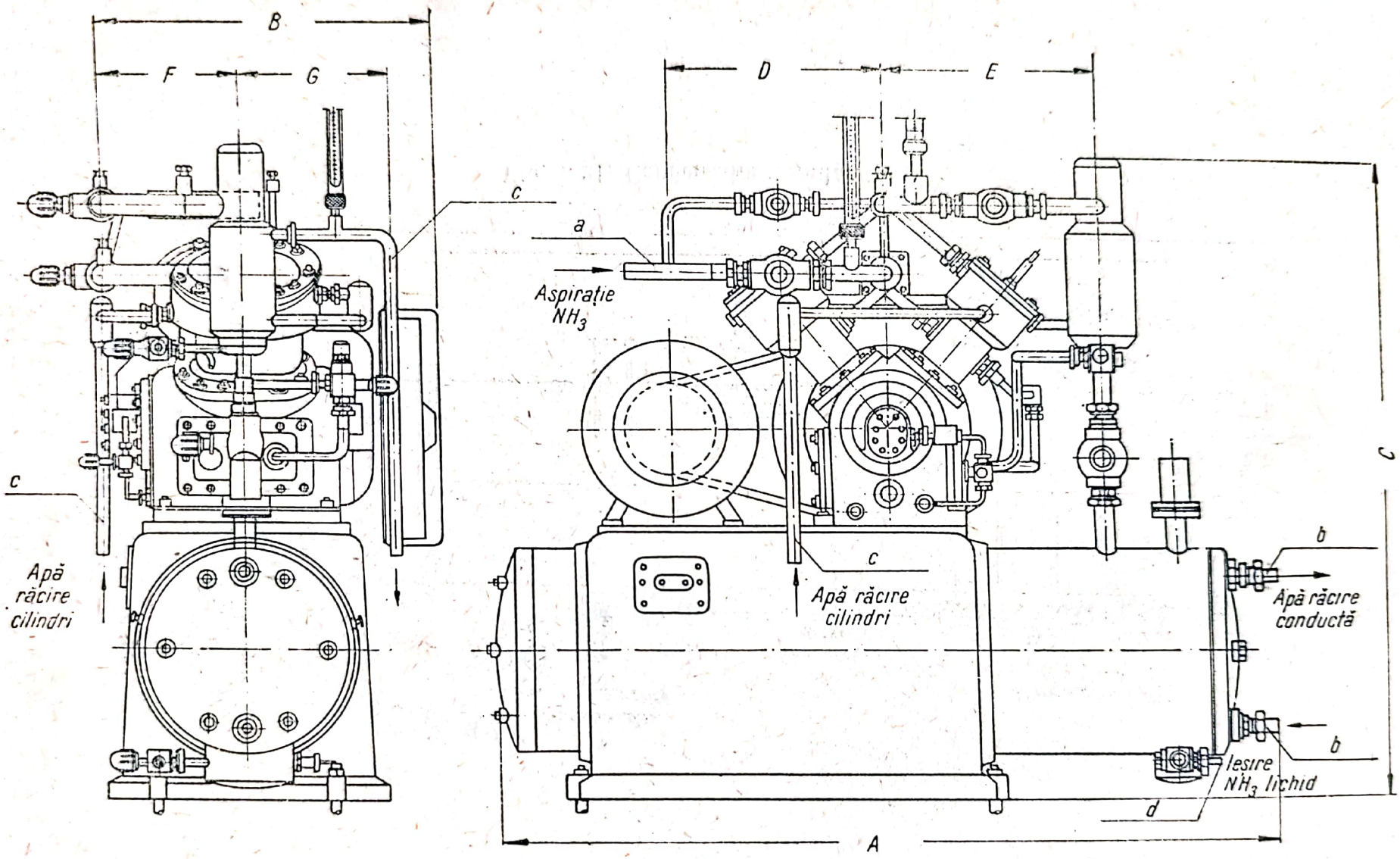


Fig. 9.20. Compresor frigorifer, tip 4AU-10.

Scanned with OKEN Scanner

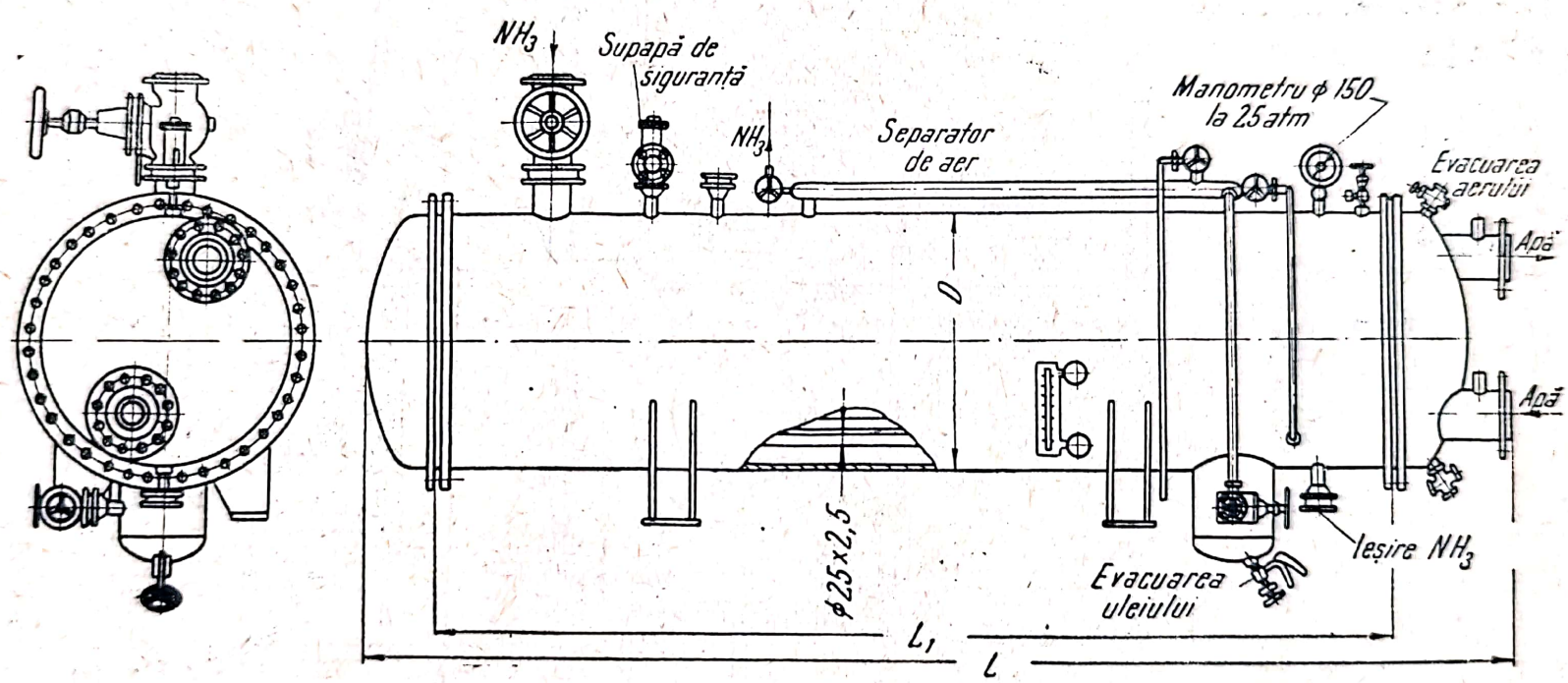


Fig. 9.21. Condensator tubular.

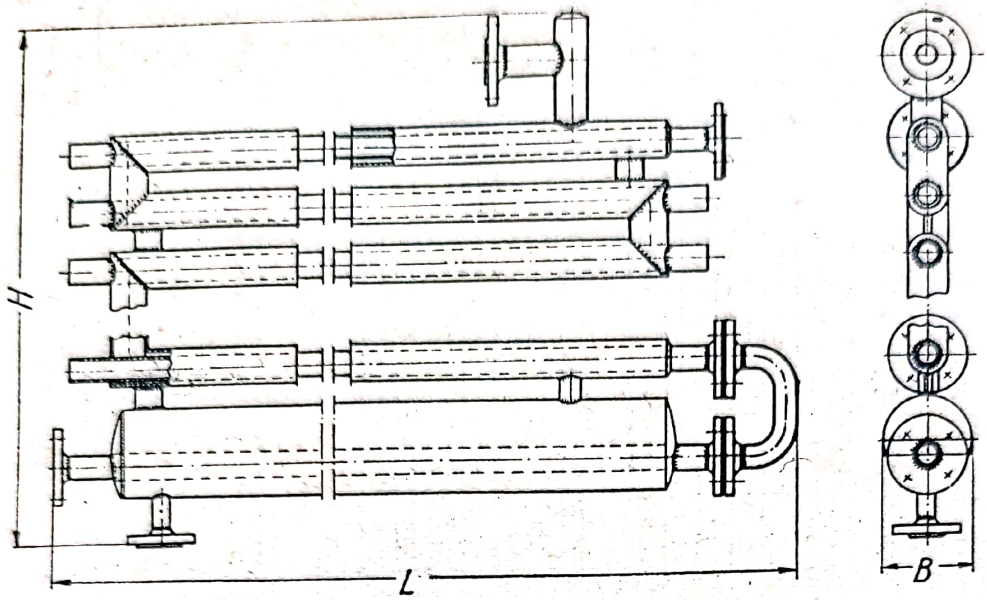


Fig. 9.22. Schimbător de căldură țeavă în țeavă.

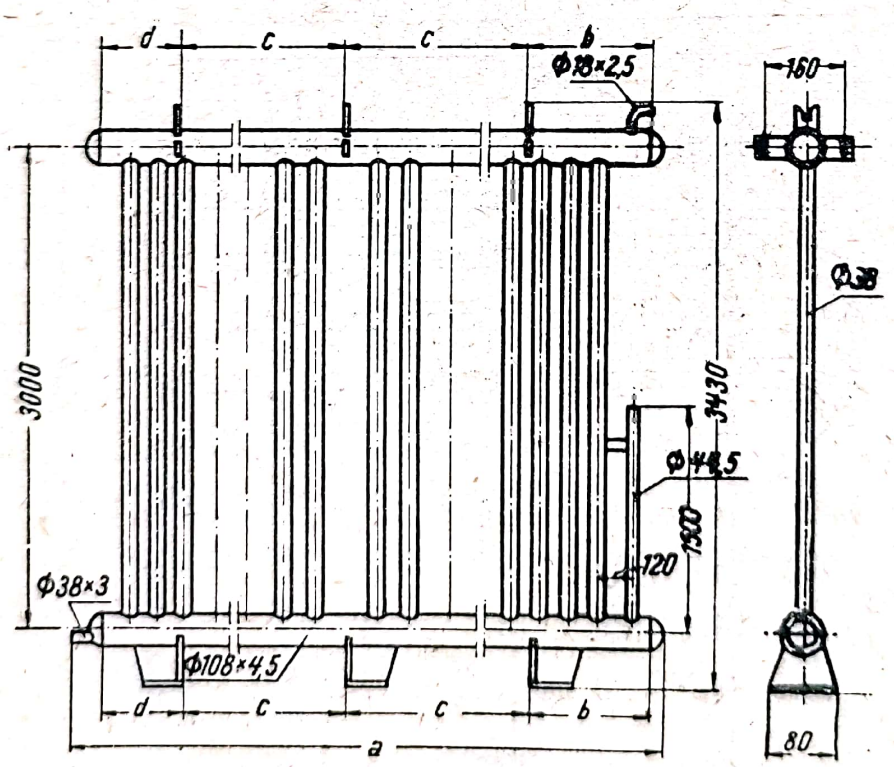


Fig. 9.23. Condensator cu evaporare, cu țevi verticale.

Scanned with OKEN Scanner

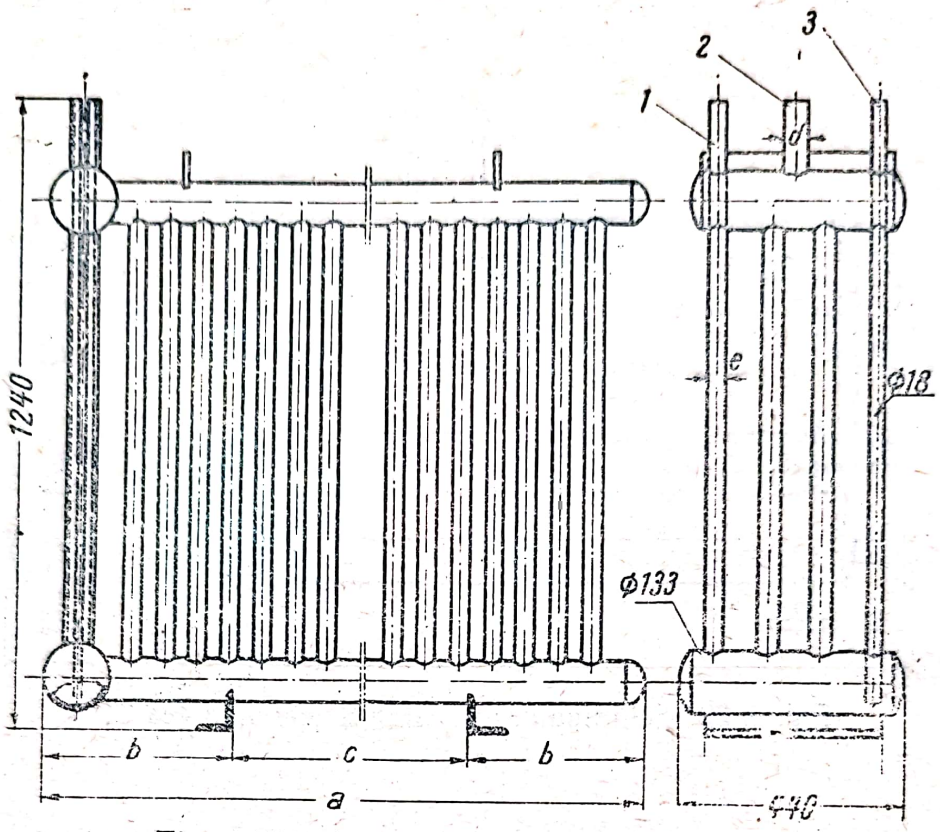


Fig. 9.24. Vaporizator cu patru panouri.

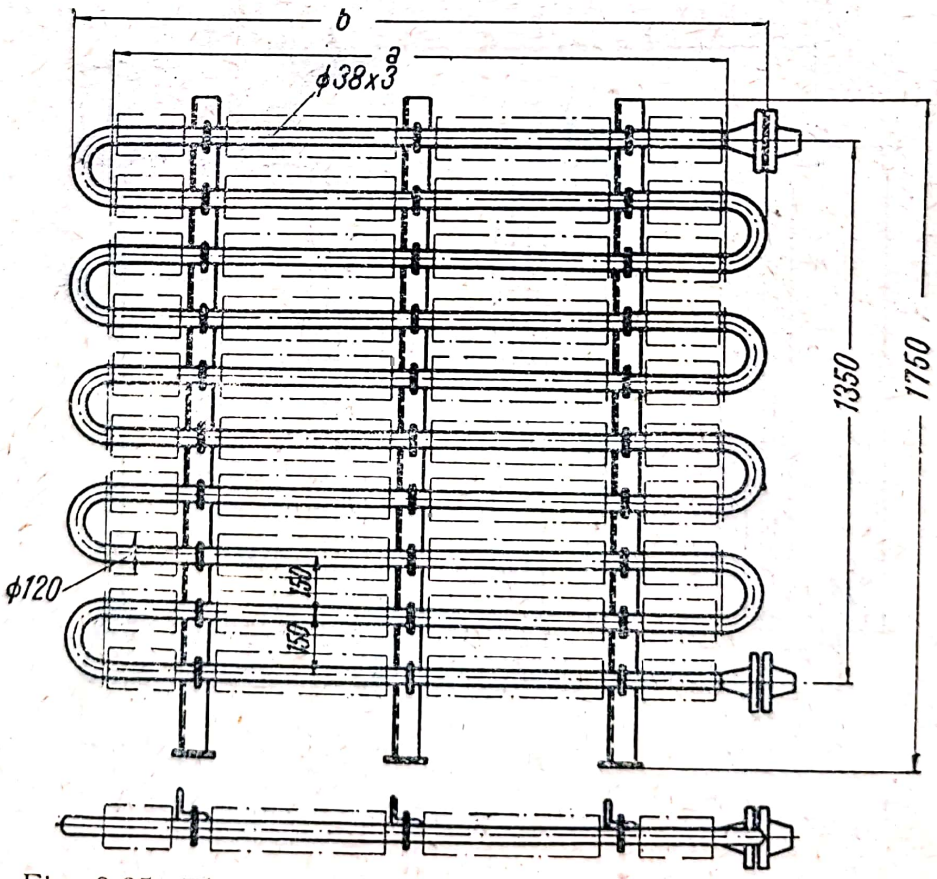


Fig. 9.25. Elemente de răcire cu țevi nervurate, tip ERA.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.10. **Caracteristicile compresoarelor și agregatelor frigorifere cu amoniac produse de uzinele Tehnofrig** (fig. 9.19 și 9.20)

	Tipul		2AV-6,5	4AV-6,5	2AV-10	4AU-10	2AV-20	3AV-20	4AU-20
	Capacitatea frigoriferă normală	kcal/h	5 000	10 000	20 000	40 000	100 000	150 000	200 000
	Numărul cilindrilor	buc	2	4	2	4	2	3	4
	Diametrul cilindrului	mm	65	65	100	100	200	200	200
	Cursa pistonului	mm	65	65	80	80	160	160	160
	Turația compresorului	rot/min	575	575	575	575	380	380	380
	Volumul aspirat	m³/h	14,8	29,5	43	87,5	230	343	456
	Puterea motorului	kW	2,8	4,5	10	20	40	55	80
Pentru compresor	Debitul apei de răcire	m³/h	0,14	0,28	0,30	0,45	0,50	0,75	1
	Înălțimea	mm	535	665	745	750	2030	1350	1700
	Lungimea	mm	490	740	970	975	1530	2050	2000
	Lățimea	mm	630	710	485	800	1150	920	1400
	Greutatea (fără motor)	kg	150	215	400	550	1250	1700	1800
Pentru agregat	Debitul apei de răcire	m³/h	0,75	1,5	3	6	—	—	—
	Înălțimea	mm	906	1100	1600	1850	—	—	—
	Lungimea	mm	1530	1650	1650	2150	—	—	—
	Lățimea	mm	615	710	980	1200	—	—	—
	Greutatea (fără motor)	kg	450	700	1300	2100	—	—	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.11. **Caracteristicile condensatoarelor tubulare orizontale produse de uzinele Tehnofrig** (fig. 9.21)

Tipul	Capacitatea frigoriferă normală kcal/h	Suprafața m²	Debitul apei de răcire m³/h	Dimensiuni a mm	Dimensiuni b mm	Dimensiuni c mm	Greutatea kg
TCMO-2,5	2 500	1,90	0,39	1028	380	300	180
TCMO-5	5 000	3,08	0,75	1028	450	350	225
TCMO-10	10 000	5,15	1,50	1578	450	350	280
TCMO-20	20 000	10,00	3,00	1620	700	550	500
TCMO-40	40 000	16,50	6,00	1820	700	550	740

Tabela 9.12. **Caracteristicile schimbătoarelor de căldură țeavă în țeavă produse de Frigotehnica** (fig. 9.22)

Tipul	Suprafața m²	Dimensiuni a mm	Dimensiuni b mm	Dimensiuni c mm	Greutatea kg
ET-2,5	2,5	2752	2100	2057	325
ET-3	3	3152	2500	2057	365
ET-4	4	3952	3300	2057	450
ET-5	5	3652	3000	2657	530
ET-6	6	4252	3600	2657	660
ET-7	7	4852	4200	2657	740

Tabela 9.13. **Caracteristicile condensatoarelor cu evaporare cu țevi verticale produse de Frigotehnica** (fig. 9.23)

Tipul	Suprafața m²	Țevi buc.	Picioare de sprijin buc.	Dimensiuni a mm	Dimensiuni b mm	Greutatea kg
CA-16	16	40	2	2985	2535	390
CA-22	22	56	3	4090	3640	535
CA-30	30	76	3	5390	4940	680
CA-32	32	80	4	5650	5200	755

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.14. **Caracteristicile condensatoarelor cu evaporare produse de Uzinele Tehnofrig**

Tipul		TCA-10	TCA-20	TCA-40
Capacitatea frigoriferă	kcal/h	100 000	200 000	400 000
Suprafața de răcire	m^2	55	111	222
Numărul panourilor	buc.	4	8	16
Debitul apei de răcire	m^3/h	20	40	80
Dimensiuni de gabarit:				
Înălțimea	mm	4400	4400	4400
Lungimea	mm	2700	4900	9125
Lățimea	mm	4300	4300	4300
Greutatea	kg	1350	2250	3900

Tabela 9.15. **Caracteristicile vaporizatoarelor cu trei panouri produse de Frigotehnica** (fig. 9.24)

Tipul	Suprafața m^2	Numărul țevilor pe panou buc.	Dimensiuni		Greutatea kg
			a mm	b mm	
EI 3 × 2,5	7,5	20	1235	1527	230
EI 3 × 3	9	24	1495	1787	270
EI 3 × 4	12	30	1885	2177	325
EI 3 × 5,5	16,5	43	2730	3022	450
EI 3 × 7	21	55	3510	3802	560
EI 3 × 9	27	70	4485	4777	705
EI 3 × 10	30	78	5005	5297	780
EI 3 × 12	36	98	5980	6272	920

Tabela 9.16. **Caracteristicile elementelor de răcire cu țevi nervurate, tip ERA, produse de Frigotehnica** (fig. 9.25)

Suprafața m^2	Dimensiuni		Greutatea kg
	a mm	b mm	
7,8	1500	1688	55
9,3	1750	1938	63
10,8	2000	2188	71
12,3	2250	2438	79
13,8	2500	2688	87
14,4	2750	2938	105
16,2	3000	3188	113
19,2	3500	3688	121

Scanned with OKEN Scanner

9.6.3. Exploatarea și întreținerea instalațiilor frigorifere

Defecțiunile cele mai des întîlnite în exploatare se datoresc îndeosebi următoarelor cauze:

— *Neconcordanță între capacitatea compresorului și suprafețele schimbătoarelor de căldură.* Suprafața prea mică a vaporizatorului determină micșorarea presiunii la aspirație și pericolul de aspirare în compresor a amoniacului lichid; suprafața prea mică a condensatorului determină mărirea presiunii de refulare. Ambele cauze duc la supraîncărcarea compresorului și la creșterea consumului de energie.

— *Ventilul de laminare prea mult deschis* duce la continuarea vaporizării pe conducta de aspirație și la pericolul de aspirare a lichidului în compresor (regim umed). Se recunoaște prin depunerea de zăpadă pe partea de aspirație (conducte și compresor) și prin menținerea rece a părții de refulare.

— *Ventilul de laminare prea puțin deschis* duce la reducerea inutilă a presiunii în vaporizator și mărirea exagerată a temperaturii vaporilor refulați de compresor, ceea ce are ca urmare creșterea consumului de energie, și uneori, reducerea producției de frig (regim uscat).

— *Amoniac insuficient în instalație*; se recunoaște prin reducerea presiunii în vaporizator și condensator. Producția de frig scade și temperatura de refulare crește, oricît s-ar deschide ventilul de laminare.

— *Amoniac prea mult în instalație*; se recunoaște prin creșterea presiunii în vaporizator și condensator. Funcționarea în regim umed nu poate fi evitată, chiar la deschiderea insuficientă a ventilului de laminare.

— *Prezența aerului în instalație* determină creșterea presiunii și temperaturii la refularea din compresor; se recunoaște prin oscilația puternică a presiunii de refulare.

— *Răcirea insuficientă a condensatorului* (apă prea puțină sau prea caldă) mărește presiunea de condensare, cu creșterea corespunzătoare a consumului de energie.

— *Înfundarea ventilului de reglare* are efecte asemănătoare cu deschiderea sa insuficientă. Deschiderea ventilului nu ameliorează situația.

— *Murdăria suprafețelor schimbătoarelor de căldură* duce la creșterea căderii de temperatură în aceste aparate, astfel încît temperatura de vaporizare scăzînd și temperatura de condensare crescînd, consumul de energie se mărește și, uneori, producția de frig scade.

— *Neetanșeitatea între piston și cilindru*, datorită uzurii, determină reducerea capacității frigorifere.

— *Defectele supapelor* (neetanșeități, înțepeniri, arcuri prea tari etc.), reduc capacitatea frigoriferă și măresc consumul de energie.

— *Bătăile* (lagărelor, bolțurilor, pistoanelor etc.) indică jocuri prea mari, datorită uzurii exagerate sau montării incorecte.

— *Defectarea presetupelor rotative* duce la pierderea de agent frigorifer, eventual la pătrunderea aerului în instalație.

— *Ungerea insuficientă a compresorului* duce la supraîncălzirea pieselor, uzarea lor prematură și eventual la gripare.

— *Concentrația insuficientă a saramurii* provoacă o crustă de gheață în vaporizator, însoțită de reducerea debitului de saramură și a producției de frig.

— *Concentrația prea mare a saramurii* provoacă depuneri de sare în vaporizator, astfel încît, datorită înrăutățirii transmiterii căldurii, crește consumul de energie.

Scanned with OKEN Scanner

Starea tehnică şi condiţiile de utilizare se verifică prin indicii tehnici de exploatare. Valorile acestora depind de mărimea şi tipul instalaţiei; la instalaţiile frigorifice cu comprimare mecanică, indicii tehnici de exploatare uzuali sînt următorii:

— *Consumul de energie electrică* (v. tabela 9.9).

— *Consumul de apă de răcire* (pentru cantitatea de apă proaspătă, v. tabela 9.17).

Tabela 9.17. **Consumul de apă de răcire a condesatoarelor instalaţiilor frigorifere, pentru o producţie de 1 000 kcal/h**

Tipul condensatorului	Încălzirea apei grd	Instalaţie de răcire cu circuit	
		închis m³/h	deschis m³/h
Cu evaporare	2	0,02—0,04	0,08—0,12
Tubular vertical	4	0,03—0,05	0,10—0,15
Tubular orizontal cu elemente	5	0,05—0,06	0,20—0,25

— *Consumul anual de amoniac*, la o capacitate frigoriferă de 1 000 kcal/h, este de 2—2,8 kgf/an — la instalaţiile cu răcire directă — şi de 1—1,6 kgf/an — la instalaţiile cu răcire indirectă.

— *Consumul de sare* pentru acoperirea pierderilor de saramură este de 45 kgf/an la instalaţiile închise şi de 330 kgf/an la instalaţiile deschise (pentru fiecare metru pătrat de suprafaţă de vaporizator).

— *Consumul de ulei* este indicat de furnizorul compresorului.

9.7. INSTALAŢII DE INCĂLZIRE, VENTILARE ŞI CONDIŢIONARE

Instalaţiile moderne folosite pentru încălzirea, ventilarea şi condiţionarea clădirilor mari, ca şi a complexelor de clădiri, sînt instalaţii centralizate. Acestea asigură realizarea unor condiţii optime de confort şi respectarea condiţiilor tehnologice, cu cheltuieli minime de exploatare.

9.7.1. Instalaţii de încălzire

În instalaţiile de încălzire, căldura este produsă prin arderea combustibilului într-o instalaţie centrală, de unde este trimisă la diferitele puncte de consum, prin intermediul agentului termic (apă, abur sau aer).

Instalaţiile de încălzire cu apă sînt în prezent cele mai răspîndite. Dacă temperatura maximă a apei nu depăşeşte 95°C, instalaţia funcţionează cu *apă caldă* şi este în permanentă comunicare cu atmosfera; dacă temperatura maximă a apei depăşeşte 100°C, instalaţia funcţionează cu *apă fierbinte*, sub presiune.

În instalațiile cu *circulație naturală*, deplasarea apei se datorește variației greutății specifice a acesteia cu temperatura; în instalațiile cu *circulație forțată* deplasarea apei se realizează prin pompe.

În instalațiile cu *distribuție superioară*, apa caldă urcă de la cazan pe o conductă verticală, pînă deasupra ultimelor radiatoare, de unde se distribuie prin conducte de coborîre la radiatoare și apoi revine la cazan. În instalațiile cu *distribuție inferioară*, apa caldă urcă de la cazan pe o conductă verticală pînă sub radiatorul cel mai coborît, unde se repartizează în diferite coloane de alimentare a radiatoarelor.

Reglarea funcționării instalațiilor de încălzire cu apă caldă se obține:

— prin reglare generală, de la cazan, modificîndu-se temperatura apei la ieșirea din acesta, în funcție de temperatura exterioară (tabela 9.18);

— prin reglarea locală a debitului de apă, cu ajutorul ventilului cu dublă reglare, existent la fiecare corp de încălzire.

Instalațiile de încălzire cu abur funcționează la presiune joasă (pînă la 0,7 at) sau la presiune înaltă (pînă la 6 at); în prezent aceste instalații se folosesc aproape numai în industrie, unde se dispune de aburul necesar. Temperatura aburului în radiatoare este de 100—140°C. Ca și la instalațiile cu apă, distribuția aburului poate fi superioară sau inferioară. Reglarea funcționării se efectuează prin robinetele corpurilor de încălzire, modificîndu-se debitul de abur.

În instalațiile de încălzire cu aer, agentul termic — aerul — este încălzit în schimbătoare de căldură (cu abur sau cu apă caldă) și trimis apoi în încăperile care trebuie încălzite. În instalațiile cu *circuit deschis* tot aerul este aspirat din exterior; în instalațiile cu *recirculație*, o parte din aerul care a trecut prin încăperile încălzite este readus la schimbătorul de căldură, pentru încălzire, împreună cu aerul aspirat din exterior.

9.7.2. Echipamentul instalațiilor de încălzire

Pe lîngă conducte, armături, izolații, aparate de măsurat și de control etc., în instalațiile de încălzire se folosesc și unele echipamente speciale. În cele ce urmează se dau principalele caracteristici ale acestora.

Cazane. Cazanele secționale sînt tratate în cap. 6. Caracteristicile principale ale cazanelor secționale de fontă sînt date în tabela 6.7. Caracteristicile principale ale cazanelor secționale de oțel sînt date în tabelele 6.8 și 6.9.

Aparate pentru încălzirea apei. Apa caldă necesară pentru consumul sanitar (băi, spălat etc.) se prepară în schimbătoare de căldură încălzite cu apă sau abur. Boilerele (STAS 2584-55) sînt schimbătoare de căldură, în general cu serpentină, cu un volum mare, fiind folosite atît pentru încălzirea apei, cît și pentru acumularea acesteia (tabelele 9.18 și 9.19). Aparatele cu contracurent sînt schimbătoare de căldură tubulare, cu țevi drepte (tabela 9.20).

Corpuri de încălzire. Registrele sînt grupe de țevi, netede sau cu aripioare; țevile sînt dispuse în panouri verticale sau orizontale. *Serpentinele* se execută din țevi de oțel, constînd din porțiuni drepte, racordate prin coturi. *Convectoarele* sînt corpuri de încălzire formate din țevi nervurate, montate pe pereți sau în nișe și închise cu măști, asemănătoare radiatoarelor (tabela 9.21). Radiatoarele din fontă (STAS 1676-50) sînt în prezent cele mai folosite corpuri de încălzire (tabela 9.22). Aerotermele se folosesc pentru încălzirea aerului, îndeosebi în halele industriale. Industria de specialitate din țara noastră (ICMA) produce o gamă extinsă de astfel de aparate, cu suprafețe de încălzire cuprinsă între

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.18. **Dimensiunile boilerelor fără gît**

Capacitatea l	Suprafaţa de încălzire m²	Dimensiuni exterioare	
		Lungime mm	Diametru mm
100	0,4	1150	340
200	0,6	1770	390
300	1	1810	500
400	1,3	1850	550
500	1,65	1870	650
600	2	1890	675
800	2,5	1930	750
1000	3	2000	800

Tabela 9.19. **Dimensiunile boilerelor cu gît**

Capacitatea l	Suprafaţa de încălzire m²	Dimensiuni exterioare	
		Lungime mm	Diametru mm
1000	3	2200	800
1500	4,6	2300	1000
2000	6,6	2350	1100
2500	7,65	2450	1300
3000	9,2	3200	1200
4000	12,2	4000	1200
5000	15,3	4100	1400

Tabela 9.20. **Caracteristicile aparatelor cu contracurent tip ICMA**

Tip	Debit de căldură			Suprafaţa încălzire m²	Dimensiunile exterioare	
	Apă	Abur 0,1—0,6 at kcal/h	Abur 0,6—5 at		Lungime	Diametru
					mm	
M1	21 000	54 000	140 000	2	1400	400
M2	42 000	108 000	280 000	4	1400	630
M3	63 000	160 000	420 000	6	2000	630
M4	84 000	210 000	560 000	8	2300	630
M5	105 000	270 000	700 000	10	2500	630
M6	126 000	320 000	840 000	12	2500	630
M7	168 000	430 000	1 120 000	16	2500	800
M8	178 000	550 000	1 190 000	17	2500	960

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 9.21. **Caracteristicile bateriilor de convectoare tip ICMA**

Tipul	Lungimea mm	Debit de căldură, kcal/h, pentru înălțimea				Suprafața m²
		400 mm	600 mm	800 mm	1 000 mm	
100—1000	1000	662	864	893	955	2,40
100—1250	1250	746	840	1170	1215	3,60
100—1500	1500	985	1225	1380	1485	3,68
100—1750	1750	1155	1445	1680	1750	4,34
100—2000	2000	1320	1660	1880	2020	5
100—2500	2500	1680	2100	2280	2540	6,28
200—1000	1000	1080	1420	1615	1845	4,80
200—1250	1250	1290	1870	2120	2360	6,12
200—1500	1500	1540	2190	2620	2850	7,36
200—1750	1750	1810	2680	3120	3640	8,68
200—2000	2000	2075	3000	3550	3890	10
200—2500	2500	2640	3780	4460	4940	12,56

Tabela 9.22. **Caracteristicile radiatoarelor din fontă**

Tipul	Distanța între găuri mm	Înălțimea totală mm	Lățimea mm	Conținut de apă l	Suprafața m²	Greutatea kgf
218/9	218	300	350	0,90	0,25	8
472/4	472	545	144	0,70	0,19	5,2
472/6	472	545	218	1,10	0,28	8
624/4	624	693	144	0,85	0,24	6,5
624/6	624	693	218	1,30	0,36	10
777/4	777	848	144	1,00	0,29	8,5
777/6	777	848	218	1,60	0,44	12

Scanned with OKEN Scanner

6—51 m², pentru debite de aer de 1 000—7 000 m³/h şi pentru debite de căldură de 5 000—132 000 kcal/h.

Aparate anexe. Vasele de expansiune se folosesc în instalaţiile cu apă care funcţionează la o temperatură maximă de 95°C. După STAS 3506-52, dimensiunile principale ale vaselor de expansiune se determină cu relaţia:

$$H = \frac{0{,}04\ V}{A} + 0{,}25, \qquad (9.16)$$

în care H este înălţimea vasului, în m;
V — volumul apei din instalaţie, în m³;
A — aria secţiunii vasului, în m².

Dispozitivele de siguranţă (STAS 3614-52) se folosesc la cazanele de abur de joasă presiune (pînă la 0,7 kgf/cm²) pentru evitarea suprapresiunilor, lucrînd ca o supapă de siguranţă cu închidere hidraulică.

9.7.3. Instalaţii de ventilare şi condiţionare

Condiţiile generale pe care trebuie să le îndeplinească instalaţiile de ventilare folosite în industrie sînt precizate în STAS 1238-50. În tabela 9.23 se dau valorile uzuale ale coeficientului de schimb de aer, în construcţiile civile.

Tabela 9.23. **Valorile uzuale ale coeficientului de schimb de aer**

Felul încăperii	Coeficientul de schimb de aer
Camere de locuit	0,5
Dormitoare, birouri, vestiare, săli de adunare, bufete, spălătorii	1
Closete	25...50 m³/h.loc
Bucătării	3...5
Băi, duşuri	1,5...5
Săli de spectacole	20...40 m³/h.loc

Valorile acestui coeficient în construcţiile industriale se stabilesc de la caz la caz, astfel încît concentraţia maximă a gazelor nocive şi a prafului să nu depăşească limitele admisibile (STAS 1238-50).

Instalaţiile de ventilare cuprind în mod obişnuit ventilatoare (centrifugale sau axiale), baterii de încălzire şi eventual filtre de aer, uneori folosindu-se şi aeroterme.

În caz că este necesară tratarea sau chiar condiţionarea aerului, se prevăd şi instalaţii pentru răcirea şi umidificarea aerului, astfel încît instalaţiile de condiţionare permit, iarna, încălzirea încăperilor cu aer cald, vara, menţinerea temperaturii la valoarea necesară, asigurînd totodată ventilarea şi menţinerea umidităţii în limitele impuse de condiţiile de confort sau de necesităţile tehnologice.

Scanned with OKEN Scanner

X

CUPTOARE INDUSTRIALE

10.1. GENERALITĂȚI

10.1.1. Procesele tehnologice ale cuptoarelor

Cuptoarele industriale sînt instalațiile tehnologice în care se obțin produse industriale cu anumite proprietăți tehnice, din materii prime, prin prelucrare cu ajutorul căldurii. În cuptoare au loc procese fizico-chimice complexe, sub acțiunea unei temperaturi înalte și a unui mediu oxidant, reducător sau neutru format în cea mai mare parte a cazurilor, din gaze de ardere.

Principalele procese care au loc în cuptoarele industriale sînt: încălzirea, uscarea, topirea, descompunerea, amestecarea în stare topită, elaborarea. În unele cazuri pot lipsi anumite procese principale din cele enumerate. Astfel, încălzirea unui material pînă la o temperatură inferioară punctului de topire, neînsoțită de modificarea compoziției chimice a materialului se face în scopul uscării sale și al modificării structurii fizice (recoacere, călire, înmuiere, recristalizare etc.).

Încălzirea materialelor pînă la o temperatură inferioară punctului de topire însoțită de modificarea compoziției lor chimice este numită în general ardere și se întîlnește în general în industria silicaților. Acest proces complex care are rolul de a elimina din material bioxidul de carbon sau apa de cristalizare, este adeseori însoțit de o serie de alte procese, ca de exemplu de modificarea structurii materialelor și de topirea parțială.

Încălzirea materialelor peste temperatura de topire, fără modificarea compoziției lor chimice este numită topire și se efectuează în scopul obținerii unor produse de o anumită formă prin turnare.

Încălzirea materialelor peste temperatura de topire cu modificarea compoziției lor chimice sau amestecarea în stare topită a mai multor materiale sînt procedee frecvent întîlnite în industrie. În aceste cazuri proprietățile produsului format sînt cu totul diferite de cele inițiale, respectiv de cele ale produselor componente. Un exemplu tipic îl constituie sticla în a cărei fabricație procesele principale sînt uscarea, descompunerea chimică, formarea de substanțe complexe, topirea și dizolvarea.

10.1.2. Părțile componente ale cuptoarelor

Instalația unui cuptor se compune în general din următoarele părți principale: spațiul activ sau de lucru (camera de lucru) instalația de ardere (focar și arzătoare), instalația de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate din cuptor (recuperatoare, regeneratoare, cazane recuperatoare), dispozitive de insuflare, tiraj și pompare.

Scanned with OKEN Scanner

În camera de lucru are loc procesul tehnologic principal. În instalația de ardere se produce căldura care trebuie transmisă materialului sau produsului în vederea realizării procesului tehnologic. În instalația de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate din cuptor se încălzește aerul sau aerul și combustibilul. Uneori gazele de ardere pot fi folosite la uscarea și încălzirea materialelor, la încălzirea apei, la obținerea aburului sau chiar la recircularea în spațiul de lucru (în cazul în care procesul tehnologic permite aceasta). Dispozitivele de insuflare și pompele se utilizează la alimentarea cuptorului cu aer respectiv combustibil sub presiune. Dispozitivele de tiraj servesc la evacuarea gazelor de ardere.

În fig. 10.1 este reprezentată schema generală a unui cuptor.

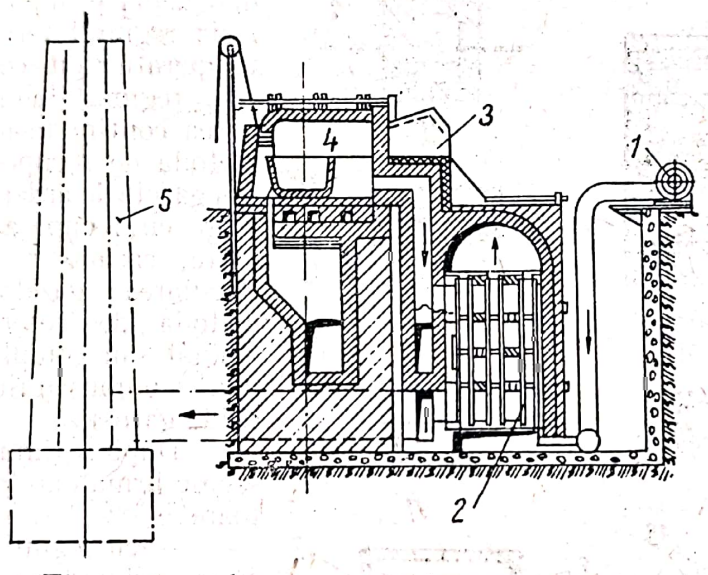


Fig. 10.1. Schema generală a unui cuptor:
1 — ventilator; *2* — preîncălzitor de aer; *3* — injector; *4* — focar; *5* — instalație de tiraj.

Aerul este introdus cu ajutorul ventilatorului *1* prin preîncălzitorul de aer *2*, în injectorul *3* în care se introduce și combustibilul (lichid, solid sau gazos).

Amestecul de aer-combustibil este introdus în focarul *4* care reprezintă în același timp și camera de lucru a cuptorului în care se introduce materia primă de prelucrat. Gazele de ardere formate în focar trec prin recuperatorul de căldură *2* și apoi sînt evacuate în atmosferă prin instalația de tiraj *5*.

10.1.3. Clasificarea cuptoarelor

În funcție de procedeul de fabricație și de caracterul proceselor care au loc în ele, cuptoarele sînt de diferite tipuri. O mare importanță o are starea de agregare a materiilor prime și a produsului finit precum și forma produselor (fasonate sau nefasonate).

În funcție de procesele care au loc în cuptoare se deosebesc:

— cuptoare de topire (furnale, cuptoare electrice, cuptoare cu creuzete, de topit sticla etc.);

Scanned with OKEN Scanner

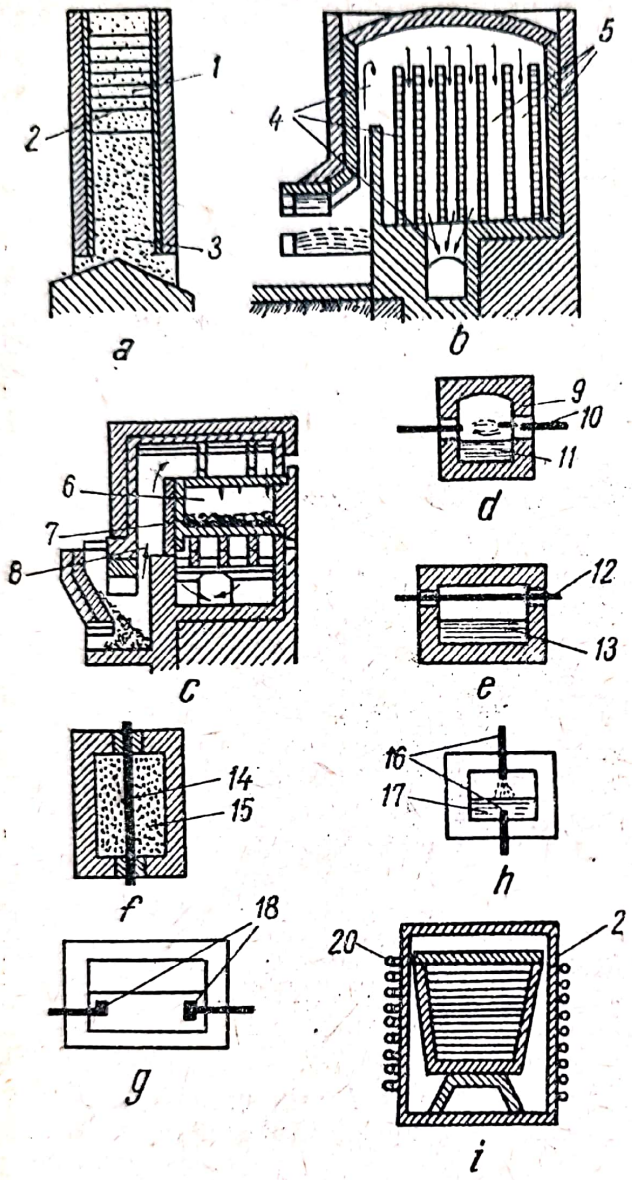


Fig. 10.2. Schemele de încălzire ale cuptoarelor:

a — cuptor de straturi alternante ; *b* — cuptor cu flacără; *c* — cuptor cu muflă; *d* — cuptor cu arc electric ; *e*, *f* și *g* — cuptoare electrice cu rezistență ; *h* — cuptor electric cu încălzire mixtă (arc și rezistență) *i* — cuptor de inducție; *1* — materie primă; *2* — combustibil; *3* — produs ; *4* și *8* — gaze de ardere; *5*, *7*, *11*, *13*, *15*, *17* și *19* — material de încălzit; *6* — muflă; *9* — arc electric ; *10*, *16* și *18* — electrozi ; *12* și *14* — rezistență electrică ; *20* — înfășurare legată la generatorul de înaltă frecvență; *21* — creuzet.

— cuptoare de încălzire (recoacere, călire, ardere, prelucrarea pirogenetică a combustibilului) ;

— cuptoare de uscare (uscătoare).

Datorită specificului lor, cuptoarele de uscare constituie o grupă specială denumită uscătoare care nu va fi tratată în prezentul capitol.

Cuptoarele folosite în diferitele ramuri industriale se clasifică mai departe după indicii particulari : regimul termic (distribuția temperaturilor, constanța încălzirii), regimul tehnologic (funcționarea continuă sau intermitentă), metoda de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate (cuptoare cu recuperatoare, regeneratoare, cazane recuperatoare, recircularea gazelor de ardere), metoda de deservire (manuală, parțial sau complet mecanizată), felul combustibilului (solid, lichid, gazos).

După regimul termic se deosebesc următoarele tipuri de cuptoare :

— cu regim de temperatură și cu regim termic constante în timp (cuptoare tunel de ardere cu funcționare continuă, cuptoare cu bazin pentru topirea sticlei, uscătorii tunel) ;

— cu regim de temperatură constant și cu regim termic variabil (cuptoare cu funcționare continuă și încărcare intermitentă) ;

— cu regim de temperatură variabil și cu regim termic constant (cuptoare circulare de tip Hoffmann) ;

— cu regim de temperatură și cu regim termic variabile (cuptoare cu funcționare intermitentă).

După sursa de căldură se deosebesc cuptoare :

— cu combustibil solid (în strat sau pulverizat) ;

— cu combustibil lichid ;

— cu combustibil gazos ;

— cu mai mulți combustibili (lichid și gazos sau solid și gazos);
— electrice.

După modul de transmitere a căldurii se deosebesc:

— cuptoare în care căldura se transmite materialului supus prelucrării datorită arderii combustibilului solid care se amestecă cu materialul (fig. 10.2, *a*). Căldura se transmite materialului de la combustibilul incandescent (prin radiație și conductivitate) și de la gazele de ardere (prin radiație și convecție). Din această grupă fac parte majoritatea cuptoarelor verticale (furnale, cuptoare de ars var, cubilouri etc.). Ele se mai numesc cuptoare cu straturi alternante;

— cuptoare în care căldura se transmite materialului supus prelucrării de la gazele de ardere (fig. 10.2, *b*). Aceste cuptoare se mai numesc cuptoare cu flacără. Transmiterea căldurii la material se face în special prin radiație de la flacără, pereții și bolta cuptorului și prin convecție de la gazele de ardere. Din această grupă fac parte majoritatea cuptoarelor ca de exemplu: cuptoarele Martin, cuptoarele de forjă, cuptoarele de călire și recoacere, cuptoarele cu creuzet și pentru topirea sticlei, cuptoarele tunel și circulare din industria materialelor ceramice și refractare etc.;

— cuptoare în care căldura se transmite materialului supus prelucrării prin pereții camerelor sau ai vaselor în care se află materialul (fig. 10.2, *c*). Transmiterea căldurii la material se face mai ales prin radiație de la pereții camerelor sau vaselor în care se află materialul prin conductibilitate dacă materialul vine în contact cu pereții vasului și prin convecție de la gazele aflate în cameră încălzite de la pereții acesteia. Aceste cuptoare se împart în cuptoare cu mufă și cuptoare cu retortă;

— cuptoare în care căldura se degajează în materialul supus prelucrării datorită reacțiilor exotermice. În aceste cuptoare particolele materialului, care intră în reacție și a căror temperatură crește, transmit căldura particolelor alăturate prin radiație și conductibilitate. În cazul existenței gazelor căldura se transmite de asemenea prin radiație și convecție de la gaze la material. În cazul în care căldura degajată nu este suficientă se introduce o cantitate suplimentară de căldură produsă prin arderea combustibilului. Din această categorie fac parte cuptoarele pentru arderea minereurilor care conțin sulfuri;

— cuptoare electrice în care căldura se transmite materialului prin radiație de la un arc electric sau de la o rezistență: prin conductibilitate de la rezistență, prin convecție și radiație de la gazele încălzite de rezistență, prin radiație și conductibilitate de la pereții încălziți de rezistență și prin trecerea curentului electric direct prin material.

Se deosebesc astfel: cuptoare cu arc electric (fig. 10.2, *d*) pentru elaborarea oțelului, cu rezistență electrică pentru tratamente termice (fig. 10.2, *e*, *f*, *g*), de inducție pentru călire (fig. 10.2, *i*) și cu încălzire mixtă pentru obținerea carburii de calciu (carbid) (fig. 10.2, *h*).

După construcția camerei de lucru se deosebesc:

— cuptoare verticale (fig. 10.3, *a*) la care spațiul de lucru este un puț cu înălțimea de cel puțin o dată și jumătate mai mare decît diametrul (furnale, cuptoare de var, cubilouri);

— cuptoare cu camere (fig. 10.3, *b* și 10.3, *c*). Spațiul de lucru este o cameră cu pereți permanenți sau temporari. Materialul se așază în cameră în strat înalt sub formă de rînduri regulate (cuptoare circulare Hoffmann);

Scanned with OKEN Scanner

— cuptoare cu vatră (fig. 10.3, *d*) la care spațiul de lucru este prevăzut cu una sau cu mai multe vetre pe care materialul se așază într-un strat subțire (cuptoare de încălzire pentru forjă, cuptoare de tratament termic);

— cuptoare cilindrice rotative (fig. 10.3, *e*) la care spațiul de lucru al cuptorului este format dintr-un tambur (cilindru înclinat cu 5—10° sau orizontal). Amestecarea și înaintarea materialului în cuptor se realizează prin rotirea tamburului (cuptor de clinker);

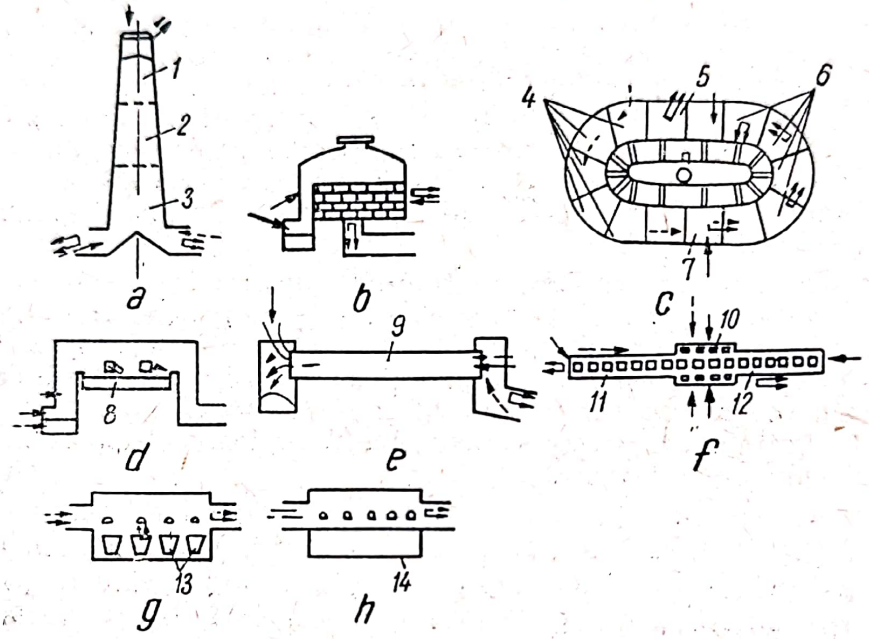


Fig. 10.3. Tipurile spațiilor de lucru ale cuptoarelor:

a — cuptor vertical; *b* — cuptor cu o singură cameră; *c* — cuptor circular cu mai multe camere; *d* — cuptor cu vatră; *e* — cuptor cilindric rotativ; *f* — cuptor tunel; *g* — cuptor cu creuzete; *h* — cuptor cu bazin; *1* — zona de încălzire; *2* — zona de ardere; *3* — zona de răcire a produsului; *4* — camere de răcire; *5* — descărcare; *6* — camere de încălzire; *7* — camere de ardere; *8* — vatră; *9* — tambur; *10* — zona de ardere; *11* — zona de răcire a produsului; *12* — zona de încălzire a materialului; *13* — creuzete; *14* — bazin.

— cuptor tunel (fig. 10.3, *f*) la care spațiul de lucru este format dintr-un canal orizontal de lungime mare în care materialul este transportat în vagonete sau pe transportoare (cuptoare de încălzire pentru forjă);

— cuptoare cu creuzete (fig. 10.3, *g*) la care spațiul de lucru este format dintr-o cameră în care se așază creuzetele. Produsul se obține în creuzete în stare topită (cuptoare pentru topirea metalelor neferoase cuptoare pentru topirea sticlei);

— cuptoare cu bazin (fig. 10.3, *h*) la care spațiul de lucru este format dintr-o cameră prevăzută la partea inferioară cu un bazin în care produsul se obține în stare topită (cuptorul pentru topirea sticlei).

Scanned with OKEN Scanner

10.2. CUPTOARE DE TOPIRE ŞI ELABORARE

10.2.1. Cuptoare verticale

Furnalul sau cuptorul înalt are spaţiul de lucru dispus în lungul axei verticale.

În fig. 10.4 este reprezentată schema funcţională a unui furnal.

Minereul, combustibilul (cocsul) şi fondantul se încarcă în încărcături separate (şarje) prin gura superioară a furnalului echipată cu un dispozitiv de încărcare.

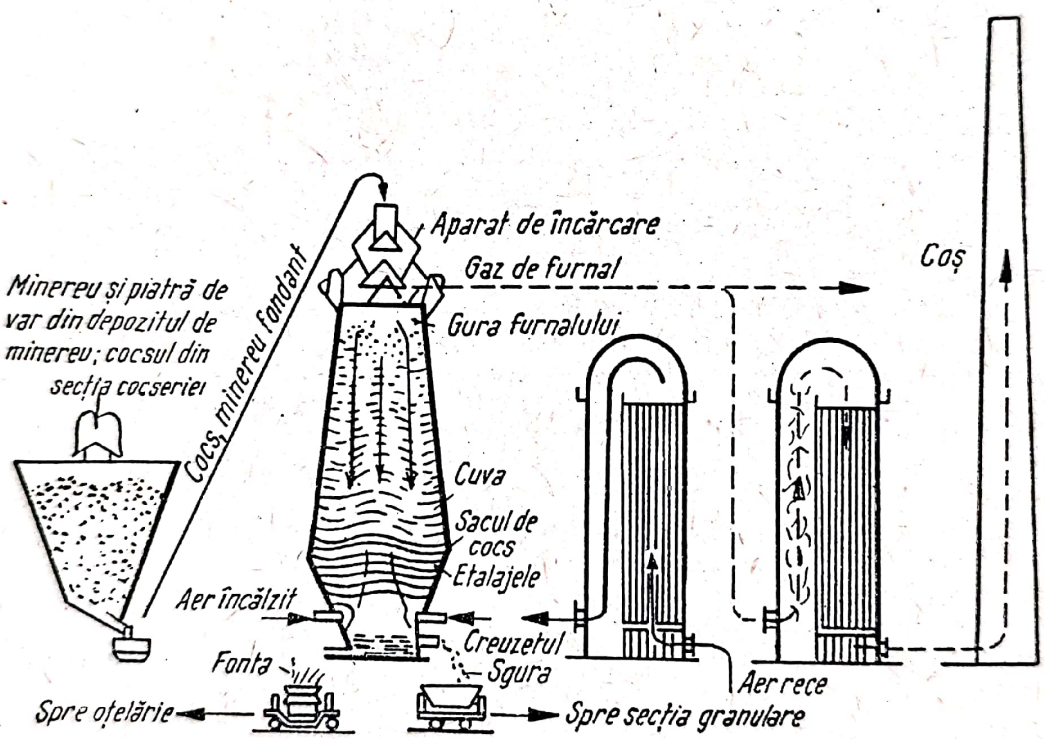


Fig. 10.4. Schema funcţională a furnalului.

În tot timpul funcţionării furnalului spaţiul de lucru este izolat de atmosferă prin dispozitivul de încărcare în vederea recuperării din partea superioară a gazului de furnal care este apoi folosit drept combustibil în instalaţiile de ardere energetice şi în instalaţiile de încălzire a aerului necesar arderii.

O mărime foarte importantă pentru caracterizarea funcţionării furnalului este indicele de utilizare a volumului util. Aceasta reprezintă numărul de metri cubi de furnal care revin la o tonă de fontă în 24 h. Indicele de utilizare al furnalelor moderne este de 0,7—1,2 m^3/t zi, producţia unui furnal depăşind 1 500 t fontă în 24 h.

Furnalele moderne produc zilnic pînă la 2 200 t de fontă, 1 600 t de zgură, 5,5 milioane m^3 de gaze, fiind necesare pentru acestea 1 500 t de combustibil, 3 600 t de materii prime, 4,5 milioane m^3 de aer şi 3400 m^3 de apă.

Scanned with OKEN Scanner

Furnalele moderne, sînt instalaţii cu funcţiune complexă: ele au o funcţiune tehnologică (fabricarea fontei) şi o funcţiune energetică (fabricarea gazului de furnal). Această dublă funcţiune conduce la un randament ridicat al furnalului de 85—86%. Consumul specific de materiale al furnalelor este cuprins în tabela 10.1.

Tabela 10.1. **Consumul specific de materiale pe 1 tf fontă**

Materialul	Greutatea specifică tf/m³	Consum specific	
		tf/tf fontă	m³/tf fontă
Cocs	0,43	0,817	1,90
Aglomerat	1,40	1,400	1,00
Minereu bucăţi	2,20	0,660	0,30
Calcar	1,60	0,400	0,25
Minereu de mangan	1,80	0,180	0,10
Fier vechi	4,00	0,040	0,010

Bilanţul termic al unui furnal pe tona de fontă este cuprins în tabela 10.2.

Tabela 10.2. **Componentele bilanţului termic al furnalului pentru 1 tf fontă**

Denumirea componenţilor	10^3 kcal	%
Căldura intrată		
Din puterea calorică a cocsului	5 329	92,5
Din entalpia aerului cald	375	6,5
Din entalpia şarjei	7	0,11
Din reacţii exotermice de formarea zgurei	50	0,89
Total	5 761	100
Căldura ieşită		
Prin transformări fizico-chimice ale materialelor în furnal (căldură utilă din punct de vedere tehnologic)	1 838	31,8
Prin puterea calorică a gazului de furnal (căldură utilă din punct de vedere energetic)	3 150	54,82
Prin entalpia zgurei	243	4,2
Prin entalpia fontei	290	5,02
Prin entalpia apei de răcire	99	1,71
Prin pierderi în mediul exterior (radiaţie)	141	2,45
Total	5 761	100

Se observă că din randamentul total de 86,62% revine 54,82% părţii energetice a furnalului şi 31,8% părţii tehnologice.

Din această grupă de cuptoare fac parte de asemenea cubilourile şi cuptoarele verticale de clincher.

10.2.2. Cuptoare cu vatră

Din această categorie tipul reprezentativ este cuptorul Martin de topit oţelul. În fig. 10.5 este reprezentată schema unui cuptor Martin care funcţionează cu combustibil gazos.

Temperatura de topire a oţelului fiind de 1550—1650°C, temperatura gazelor de ardere trebuie să fie de 1850—1950°C.

După cum se observă în fig. 10.5 cuptorul Martin are două grupuri de camere de regenerare, care servesc la ridicarea temperaturii aerului pînă la 1000—1200°C şi a combustibilului gazos pînă la 800—1000°C. Preîncălzirea

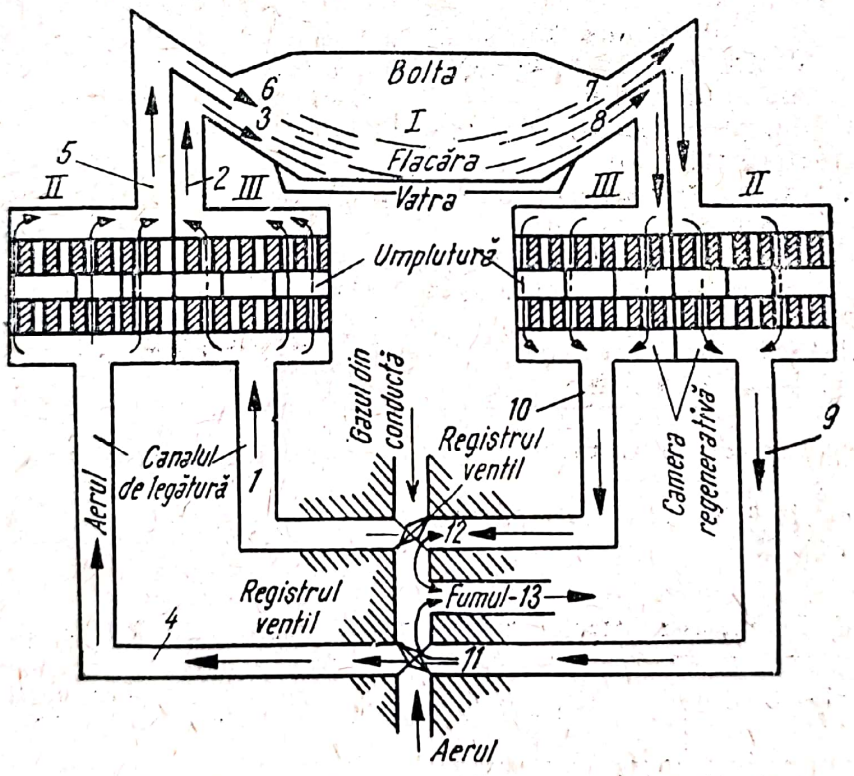


Fig. 10.5. Schema funcţională a cuptorului Martin:

I — spaţiul de topire; *II* — regeneratorul de aer; *III* — regeneratorul de gaze; *IV* — capul cuptorului; *1* — intrarea gazului rece în generator; *2* — intrarea gazului preîncălzit în cuptor; *3* — intrarea gazului în spaţiul de topire; *4* — intrarea aerului rece în generator; *5* — intrarea aerului fierbinte în capul cuptorului; *6* — intrarea aerului fierbinte în spaţiul de topire; *7* — canalul de intrare al gazelor de ardere în regeneratoarele de aer; *8* — idem pentru regeneratoarele de gaze; *9* — ieşirea gazelor de ardere din regeneratoarele de aer; *10* — idem din regeneratoarele de gaze; *11* şi *12* — registre de schimbare a direcţiei gazelor; *13* — canal de trimitere a gazelor la cazanul recuperator.

Scanned with OKEN Scanner

puternică a aerului și combustibilului este necesară pentru atingerea temperaturii de 1800 — 1950°C în spațiul de lucru. Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din cuptor este de 1750 — 1850 °C și scade în regenerator pînă la 500 — 700 °C. La cuptoarele moderne se folosesc cazane recuperatoare în care se introduc gazele de ardere ieșite din regenerator. În spațiul de lucru al cuptorului se introduc materiale aferente elaborării oțelului prin ușile laterale cu ajutorul unor macarale speciale cu braț. Dimensiunile relative ale cuptoarelor Martin de 185 și 370 tf/șarjă existente în R.P.R. la Combinatul Siderurgic Hunedoara sînt cuprinse în tabela 10.3.

Tabela 10.3. **Dimensiunile relative ale cuptoarelor Martin în funcție de capacitatea lor**

Dimensiunile constructive	Capacitatea cuptorului	
	185 tf	370 tf
Raportul dintre lungimea și lățimea spațiului de lucru	2,88	2,70
Raportul dintre adîncimea băii și lățimea sa	0,16	0,24
Raportul dintre secțiunea de ieșire a gazelor și suprafața vetrei	0,0054	0,0055
Raportul dintre lungimea antecamerei și lungimea oglinzii băii	0,090	0,072
Raportul dintre secțiunea antecamerei de ardere și secțiunea vetrei	0,056	0,050
Raportul dintre secțiunea canalului vertical de aer și secțiunea canalului vertical de gaze	1,57	1,60
Raportul dintre înălțimea bolții în partea centrală și lățimea bolții	0,58	0,55

Drept combustibil la cuptoarele Martin se folosesc gazele (de furnal, cocsărie sau naturale) și păcura.

În tabela 10.4 sînt cuprinși principalii indici realizați de un cuptor din R.P.R. de 185 tf.

Tabela 10.4. **Principalii indici realizați de un cuptor din R.P.R. de 185 tf**

Încărcare nominală tf/m². zi		Șarje/grătare		Durata medie de elaborare a șarjei h	
Exploatare neîngrijită	Exploatare atentă	Exploatare neîngrijită	Exploatare atentă	Exploatare neîngrijită	Exploatare atentă
4,75	7,76	232	267	9,14	8,54
5,62	8,44	239	225	9,48	8,45
5,89	7,59	171	246	9,11	8,47

10.2.3. Cuptoare cilindrice rotative

Într-un cuptor rotativ, procesele fizico-chimice au loc sub influența căldurii care se dezvoltă prin arderea combustibilului și se transmite materialului supus arderii în condițiile deplasării acestuia în contracurent cu gazele de ardere.

Cuptorul rotativ (fig. 10.6) este un cilindru de oțel gol în interior și căptușit total sau parțial cu cărămidă refractară.

Materia primă se introduce în cuptor pe la capul rece (de sus) și datorită înclinării și rotației cuptorului, înaintează spre capul cald (de jos).

Combustibilul și aerul se introduc în cuptor pe la capătul cald în a cărui apropiere are loc și arderea.

Prin injector se introduce aerul primar în proporție de 15—35% restul aerului fiind introdus prin răcitoarele de clincher cu lanțuri. În răcitorul de clincher aerul secundar se preîncălzește. Gazele de ardere din cuptor trec printr-un sistem de captare a prafului și apoi cu ajutorul exhaustorului sînt evacuate în atmosferă prin coș. Praful captat este colectat și reintrodus în cuptor. Pentru arderea clincherului de ciment la temperatura de 1400—1450°C se întrebuințează drept combustibil păcură, praf de cărbune, gaze naturale sau de cocsărie.

La arderea magnezitei metalurgice la temperatura de 1650°C se folosește drept combustibil păcura cu exces mic de aer.

Pentru arderea șamotei la temperatura de 1 300—1 350 °C și a varului la temperatura de 1 200—1 300 °C se poate întrebuința pe lîngă combustibilii citați și gazul de gazogen cu un oarecare grad de preîncălzire.

La fabricarea clincherului de ciment prin metoda uscată se folosesc cuptoare rotative scurte, iar la fabricarea prin metoda umedă în general cuptoare lungi. Procesul de dezvoltare a cuptorului rotativ propriu-zis a urmat linia creșterii raportului dintre lungime și diametru în scopul de a se îmbunătăți folosirea căldurii la o mărire simultană a dimensiunilor cuptorului în vederea creșterii capacității de producție.

În același timp, cuptorul rotativ pentru arderea clincherului de ciment prin metoda umedă a fost echipat cu diferite dispozitive interioare care măresc suprafața de transmitere a căldurii între gaze și material. Dintre dispozitivele aplicate cele mai bune rezultate le-au dat lanțurile. Introducerea lanțurilor în zona capului rece a condus la creșterea rezistenței hidraulice a cuptorului și a implicat tre-

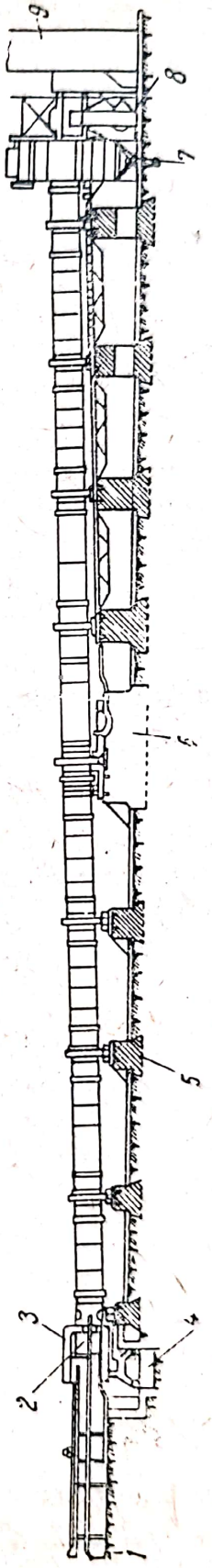


Fig. 10.6. Cuptorul rotativ cu lanțuri de 3,5 × 150 m:
1 — ventilator; *2* — injector; *3* — recuperator; *4* — transportor; *5* — reazim; *6* — dispozitiv de acționare; *7* — cameră rece; *8* — exhaustor; *9* — coș.

cerea la tirajul artificial. Cuptorul rotativ este un agregat robust în exploatare care se remarcă printr-o productivitate mare, o producție de calitate superioară și un consum scăzut de energie și de căldură. În cuptorul rotativ se poate arde practic orice fel de materie primă și se poate folosi orice fel de combustibil.

Indicii tehnici ai cuptoarelor rotative fără dispozitive interioare de recuperare a căldurii sînt dați în tabela 10.5.

Tabela 10.5. **Indicii tehnici ai cuptoarelor fără dispozitive de recuperare a căldurii**

Indice	Unitatea de măsură	Ciment		Var	Șamotă		Magnezită metalurgică
		Metoda uscată	Metoda umedă				
Temperatura de ardere	°C	1450	1450	1300	1325	1325	1650
Lungimea cuptorului	m	52,1	65,5	37,5	35,6	46,0	75,0
Diametrul cuptorului	m	3,0	3,0	2,1	1,8/1,3	2,5	2,4
Turația cuptorului	rot/min	1,0	0,73	—	—	1,2	0,5
Înclinarea cuptorului	%	3,0	4,0	—	—	3	—
Tipul răcitorului		cilindru deschis		—	—	—	—
Lungimea răcitorului	m	22,0	22,0	—	—	—	—
Diametrul răcitorului	m	2,2	2,2	—	—	—	—
Umiditatea inițială a materiei prime	%	9,2	35,8	—	—	—	2,0
Temperatura materialului la ieșirea din cuptor	°C	—	—	600	—	—	1370
răcitor		260	315	—			
Temperatura gazelor la ieșirea din cuptor	°C	920	500	850	375	366	500
Excesul de aer în cuptor	—	1,03	1,07	—	2,1	1,8	1,05
Producția cuptorului	tf/h	10,45	10,25	3,75	2,20	6,10	4,075
Consumul de căldură al cuptorului	10^6 kcal/h	16,2	22,7	10,4	2,7	5,4	11,0
Productivitatea cuptorului	kgf/m²h	24,6	18,8	19,0	19,0	20,5	8,2
Consumul specific de căldură	kcal/kgf	1545	2210	2770	840	882	2700
Material antrenat	%	15,6	4,0	—	—	10,8 — 15,4	—

Izolația termică corectă aduce o economie de combustibil de 4—5%. Indicii termotehnici de calcul ai cuptoarelor rotative sînt cuprinși în tabela 10.6.

Ca dispozitive de captarea prafului care iese din cuptoarele rotative se folosesc camere de sedimentare, cicloane și filtre electrice. Eficiența camerelor de sedimentare nu depășește 30%, a cicloanelor și multicicloanelor atinge 60—70% respectiv 80—90%, iar a filtrelor electrostatice atinge chiar 95—99,8%.

În unele situații de exploatare este necesară mărirea lungimii flacării care se obține prin:

— micșorarea gradului de dispersie al combustibilului;
— scăderea temperaturii și cantității aerului primar;
— mărirea vitezei aerului primar;
— micșorarea cantității și vitezei aerului secundar.

10.2.4. Cuptoare cu creuzete

Cuptoarele cu creuzete se folosesc în cazurile în care este necesar ca materialul care se topește să nu intre în contact cu gazele de ardere. Aceste tipuri de cuptoare se folosesc în special în industria metalelor neferoase și în industria sticlei.

În cuptorul cu creuzet toate fazele procesului au loc succesiv în același spațiu. În fig. 10.7 sînt reprezentate tipurile principale ale cuptoarelor cu creuzete și circulația gazelor în aceste cuptoare. Spațiul de lucru poate fi de

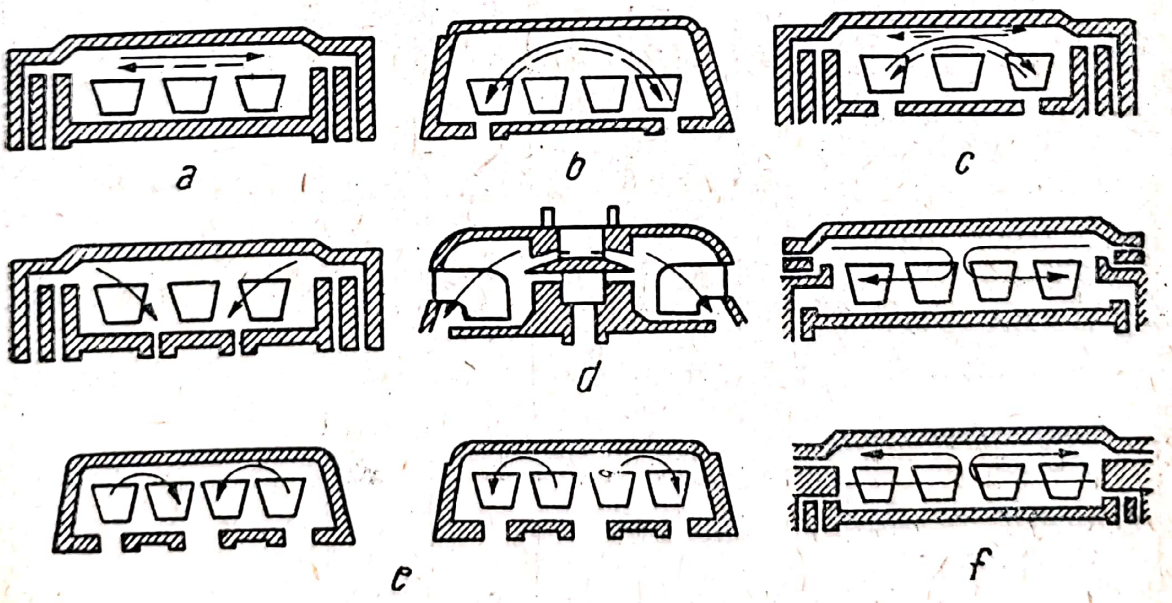


Fig. 10.7. Direcția de circulație a gazelor în cuptoarele cu creuzete:

a — cuptor regenerativ cu flacără superioară; *b* — idem cu flacără inferioară; *c* — idem cu mișcare combinată; *d* — cuptoare cu recuperatoare cu flacără descendentă; *e* — cuptoare cu recuperatoare cu flacără inferioară; *f* — idem cu flacără ascendentă.

Tabela 10.6. **Indicii termotehnici**

Componenta bilanțului termic	Fabricarea: Metoda — Cuptor fără dispoziții interioare și auxiliare		Cuptor cu lanțuri		Cuptor cu stropirea mantalei		Cuptor cu vaporizator	
	kcal/kgf clincher	%	kcal/kgf clincher	%	kcal/kgf clincher	%	kcal/kgf clinche	%
Consumul teoretic de căldură (căldură utilă)	400	19,3	400	23,4	400	21,2	400	23,1
Pierderi de căldură prin:								
— evaporarea apei din material	615	29,7	615	36,0	615	32,6	615	35,6
— entalpia gazelor la coș	673	32,6	191	17,0	374	19,8	303	17,5
— ardere incompletă	62	3,0	51	3,0	56	3,0	52	3,0
— entalpia materialului antrenat la coș	62	3,0	47	2,7	201	10,7	135	7,9
— entalpia materialului ars	50	24	50	2,9	50	2,7	50	2,9
— radiația în mediul ambiant	207	10,0	256	15,0	189	10,0	173	10,0
Căldură recuperată în abur	—	—	—	—	—	—	—	—
Consumul de căldură din combustibil	2070	100	1610	10	1885	100	1730	100
Randamentul cuptorului	—	19,3	—	23,4	—	21, 2	—	23,1

Scanned with OKEN Scanner

de calcul al cuptorului rotativ

cimentului									
umedă		Metoda uscată						Fabricarea șamotei	
Cuptor cu filtre și cazan recuperator		Cuptor fără dispozitive interioare și auxiliare		Cuptor cu cazan recuperator		Cuptor cu conveier calcinator		Cuptor fără dispozitive interioare și auxiliare	
kcal/kgf clincher	%	kcal/kgf clincher	%	kcal/kgf cl.	%	kcal/kg cl.	%	kcal/kgf cl.	%
400	20,4	400	24,4	400	21,9	400	41,0	200	22,6
230	11,7	162	9,9	162	8,9	138	14,1	140	15,8
292	15,0	644	39,2	268	14,6	112	11,5	285	32,3
59	3,0	49	3,0	55	3,0	29	3,0	—	—
53	2,7	89	5,5	40	2,2	70	0,7	62,7	7,0
50	2,5	50	3,0	50	2,7	75	7,7	12,3	1,4
295	15,0	246	15,0	275	15,0	214	22,0	185	20,9
580	29,7	—	—	580	31,7	—	—	—	—
1960	100	1640	100	1830	100	975	100	885	100
—	50,1	—	24,4	—	53,6	—	41,0	—	22,61

Scanned with OKEN Scanner

secţiune circulară, dreptunghiulară sau ovală. Relaţia de legătură între diametrul spaţiului de lucru al cuptorului, diametrul creuzetului şi numărul acestora este:

$$\pi \cdot D = d\,(n + \pi) + 0{,}05\,(n + 2\pi) \qquad (10.1)$$

în care D este diametrul spaţiului de lucru, în m;
d — diametrul creuzetului, în m;
n — numărul de creuzete;
0,05 m — distanţa dintre creuzete şi dintre creuzete şi pereţi.

10.2.5. Cuptoare cu bazin (vatră)

Cuptoarele cu vatră folosite în industria sticlei se clasifică în: cuptoare cu funcţionare intermitentă şi cuptoare cu funcţionare continuă.

La cuptoarele moderne cu mers continuu, pentru îmbunătăţirea posibilităţilor de reglare, spaţiul de lucru se împarte prin pereţi despărţitori.

La cuptoarele cu bazin direcţia de circulaţie a gazelor de ardere poate fi longitudinală, transversală, în formă de potcoavă şi combinată în funcţie de circulaţia masei de sticlă.

Distribuţia temperaturilor şi circulaţia curenţilor în planul longitudinal al bazinelor cuptoarelor este dată în fig. 10.8.

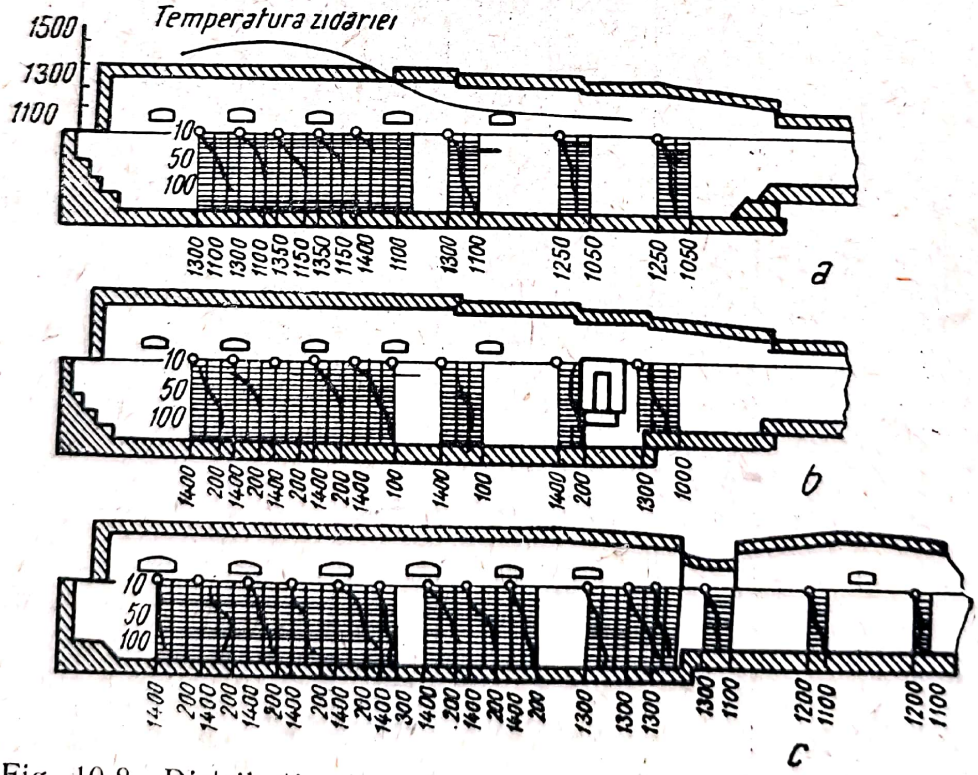


Fig. 10.8. Distribuţia temperaturilor şi circulaţia curenţilor în planul longitudinal al bazinelor cuptoarelor:
a — cuptor cu plutitor; *b* — cuptor cu canale de trecere; *c* — cuptor cu gîtuire.

Procesele fizico-chimice care au loc cu absorbţie sau degajare de căldură în cuptoarele pentru topirea sticlei sînt următoarele:

La descompunerea $CaCO_3$ se consumă pentru 1 kgf CaO	758 kcal
La descompunerea $CaCO_3$ se consumă pentru 1 kgf $CaCO_3$	524,2 kcal
La descompunerea Na_2CO_3 se consumă pentru 1 kgf Na_2O	1 240 kcal
La descompunerea Na_2CO_3 se consumă pentru 1 kgf Na_2CO_3	725,5 kcal
La descompunerea Na_2SO_4 se consumă pentru 1 kgf Na_2O	2 182,2 kcal
La descompunerea Na_2SO_4 se consumă pentru 1 kgf Na_2SO_4	952,8 kcal
La descompunerea $MgCO_3$ se consumă pentru 1 kgf MgO	729 kcal
La descompunerea $MgCO_3$ se consumă pentru 1 kgf $MaCO_3$	349 kcal
În formarea Na_2SiO_2 se degajă pentru 1 kgf Na_2O	911,5 kcal
În formarea K_2SiO_3 se degajă pentru 1 kgf K_2O	699 kcal
În formarea $CaSiO_3$ se degajă pentru 1 kgf CaO	1o2,5 kcal

10.3. CUPTOARE DE ÎNCĂLZIRE

10.3.1. Cuptoare de încălzire verticale

Cuptoarele de încălzire verticale se utilizează în special pentru arderea varului, gipsului, şamotei, dolomitei şi a magnezitei.

Cuptoarele verticale folosesc, fie combustibil solid în straturi alternante cu materialul, fie semigaz sau combustibil gazos. Înălţimea cuptoarelor variază între 8 şi 20 m, diametrul cuvelor rotunde ajungînd la 3,5 m. Cuptorul are formă cilindrică sau a două trunchiuri de con unite la bazele mari. Rezistenţa hidraulică a straturilor variază între 200 şi 600 mm H_2O.

În fig. 10.9 este reprezentat un cuptor vertical pentru arderea varului care foloseşte, fie gaze de gazogen, fie gaze naturale. Acest tip de cuptoare sînt compuse dintr-o cuvă cu secţiunea rotundă sau ovală. Diametrul cuptorului nu depăşeşte 2 m, înălţimea fiind de 12—19 m. Gazele se introduc prin orificiile conductei *4* iar aerul necesar arderii prin orificiile de descărcare şi prin miezul central.

Dezavantajul cuptoarelor verticale încălzite cu gaze constă în dificultatea repartizării uniforme a gazelor în secțiune și a amestecării lor corecte cu aerul necesar arderii, din care cauză materialul din partea centrală a cuptorului se arde mai puțin decît materialul de la periferie. În această situație pentru a se produce materiale de calitate superioară, înălțimea cuptorului trebuie să fie mai mare decît a celor cu straturi alternante pentru a se asigura în toată

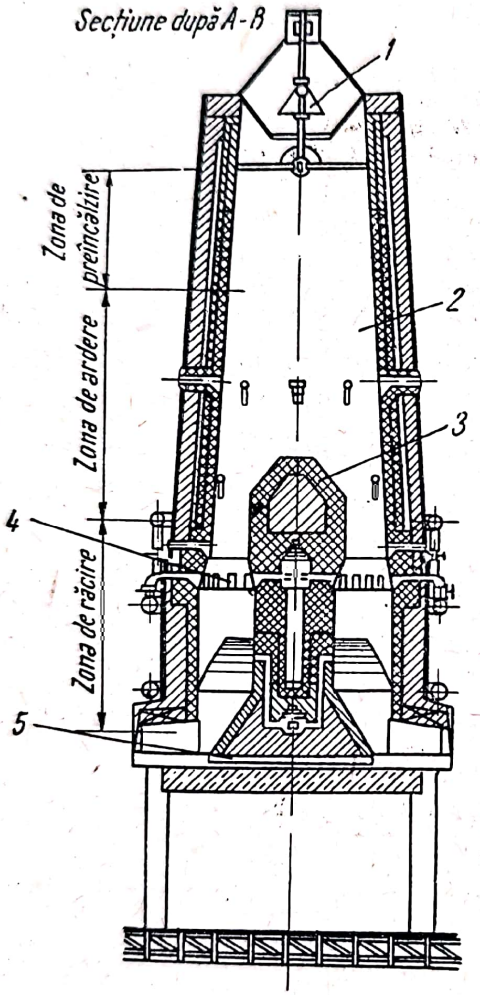


Fig. 10.9. Cuptor vertical mecanizat pentru arderea varului cu gaze:

1 — dispozitiv de încărcare ; *2* — cuvă ; *3* — miez de șamotă; *4* — conducte de gaze; *5* — dispozitiv de descărcare.

secțiunea cuptorului o temperatură de peste 600—700°C, necesară arderii materialului. Se folosește uneori o ardere mixtă (gaze și straturi alternante) în vederea uniformizării temperaturii în secțiunea cuptorului. Cuptoarele verticale se folosesc și pentru deshidratarea gipsului funcționînd cu gaze de ardere la temperatura de 800—900°C de la un focar auxiliar. Șamota se arde tot în cuptoare verticale la temperaturi de 1 300—1 350°C, folosindu-se drept combustibil gazele naturale sau artificiale. Dolomita și magnezita sînt arse de asemenea în cuptoare verticale care funcționează cu păcură introdusă în cuptor prin injectoare mecanice de joasă presiune situate la 1/4 din înălțimea cuptorului.

Scanned with OKEN Scanner

Indicii principali ai cuptoarelor verticale de încălzire pentru diverse materiale sînt cuprinşi în tabela 10.7.

Tabela 10.7. **Indicii principali ai cuptoarelor verticale de încălzire**

Indicele	Unitatea de măsură	Materialul ars				
		Ipsos de construcţie	Var		Şamotă	Magnezită
Metoda de ardere	—	cu flăcări	semigaz	straturi alternante	cu gaz	cu păcură
Temperatura medie de ardere	°C	500	1100	1200	1200	1600
Înălţimea cuvei cuptorului	m	8,1	12,0	14,0	13,1	11,6
Diametrul cuvei cuptorului	m	—	2,2	2,5	—	1,85
Volumul cuptorului	m^3	16,5	53,2	68,7	40,0	19,5
Umiditatea materialului	%	2,0	10,0	2,0	21,3	1,0
Temperatura materialului la ieşirea din cuptor	°C	300	100	100	60	800
Temperatura gazelor evacuate din cuptor	°C	300	320	200	110	240
Excesul de aer în cuptor	—	3,0—5,0	1,3	1,2	—	—
Producţia orară a cuptorului	tf/h	1,96	0,75	2,08	0,9	0,81
Productivitatea cuptorului	$\frac{tf}{m^3/zi}$	2,86	0,34	0,73	0,54	1,0
Consumul specific de căldură	$\frac{kcal}{kgf}$	420	1300	1050	1008	1397

10.3.2. Cuptoare de încălzire cu camere

Cuptoarele cu o cameră sau cu mai multe camere se folosesc la arderea produselor fasonate.

Volumul cuptoarelor cu o cameră variază între 0,01 și 500 m³.

Pentru arderea porțelanului tehnic și a produselor abrazive, cele mai răspîndite cuptoare au volumul de 50—100 m³, iar pentru arderea produselor de faianță și a porțelanului de menaj cuptoarele au volumul de 100—200 m³. Cuptoarele de 400 — 500 m³ se folosesc la arderea produselor refractare.

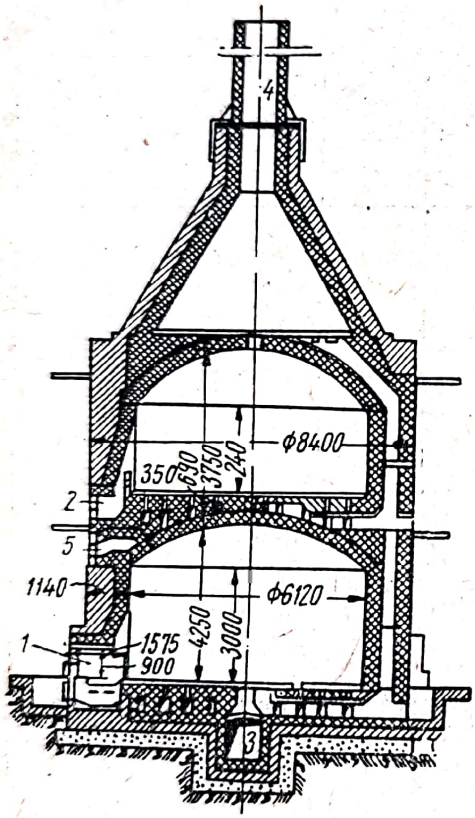


Fig. 10.10. Cuptor cu o cameră cu două etaje:
1 — focar pentru combustibil solid; *2* — focar pentru combustibil lichid; *3* — canal de evacuare a gazelor la coș; *4* — coș; *5* — evacuarea aerului la răcirea cuptorului.

Cuptoarele cu o cameră pot fi circulare sau dreptunghiulare. La același volum cuptoarele circulare au suprafața laterală mai mică și au o pierdere de căldură în mediul ambiant cu 2—5% mai mică decît cuptoarele dreptunghiulare. Din punctul de vedere al amplasării în hale cuptoarele circulare sînt mai avantajoase pînă la un volum al camerei de 200 m³ peste care devin mai indicate cuptoarele dreptunghiulare. Cuptoarele cu o cameră au funcționarea intermitentă. În fig. 10.10 este reprezentată o secțiune printr-un cuptor cu o cameră cu două etaje.

Compactitatea așezării diferitelor produse în cuptoarele cu camere variază în următoarele limite (kgf/m³):

Cărămizi normale de silică	950 — 1 100
Cărămizi normale de șamotă	850 — 1 000
Produse fasonate simple	800 — 900
Produse fasonate complicate	700 — 800
Tuburi de canalizare	250 — 300
Plăci de faianță	180
Faianță sanitară	120
Porțelan de menaj	80 — 100

Consumul de combustibil necesar arderii diferitelor produse în cuptoarele cu o cameră este mai mare decît cel al cuptoarelor de alte tipuri și este cauzat de funcționarea intermitentă și de pierderile mari de căldură legate de aceasta.

În funcție de dimensiunile cuptorului, de așezarea produselor și de temperatura de ardere, pierderile de căldură prin evacuarea gazelor de ardere reprezintă 35—50% și prin transmiterea căldurii prin zidăria cuptorului de 5—25%.

Consumurile medii de combustibil convențional pentru arderea diferitelor produse în cuptoarele cu o cameră sînt cuprinse în tabela 10.8.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 10.8. **Consumurile medii de combustibil convenţional pentru arderea diferitelor produse în cuptoarele cu o cameră**

Produsele supuse arderii	Consumul specific	
	de combustibil convenţional gfc.c/kgf	de căldură kcal/kgf
Cărămidă de şamotă	200—280	1400—2000
Produse de şamotă fasonate	300—400	2100—2800
Produse de silica	350—400	2400—2800
Materiale cu refractaritate mare şi cărămidă izolantă	350—700	2400—5200
Produse de magnezită	500—600	3500—4200
Faianţă sanitară	350—400	2400—2800
Faianţă glazurată	150—250	1000—1800

În cuptoarele cu mai multe camere (fig. 10.11) produsele sînt arse într-una din camerele *1* iar gazele de ardere trec din această cameră în camerele situate înainte, preîncălzind produsele încărcate în ele, după care se evacuează prin canalul orizontal de gaze *2* la coşul *3*.

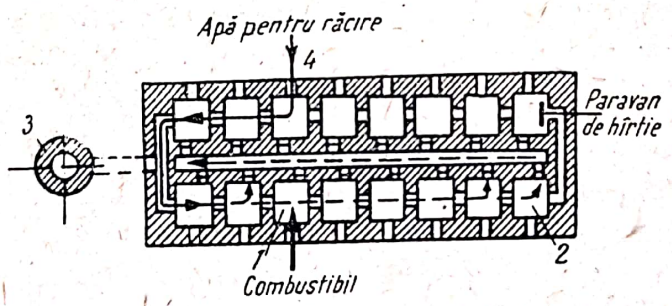


Fig. 10.11. Schema unui cuptor cu mai multe camere:

1 — camere de ardere, respectiv de preîncălzire; *2* — canal orizontal de gaze; *3* — coş; *4* — cameră de răcire.

Consumul de combustibil convenţional pentru arderea diferitelor produse în cuptoare cu mai multe camere este cuprins în tabela 10.9.

Tabela 10.9. **Consumul de combustibil convenţional pentru arderea produselor în cuptoare cu mai multe camere**

Produsele supuse arderii	Consumul specific	
	de combustibil convenţional, % din greutatea produsului	de căldură kcal/kgf
Produse de şamotă fasonate	10—12	700 — 800
Produse de silica	15—20	1050— 1400
Tuburi de canalizare	20	1400

Din punct de vedere funcțional, din grupa cuptoarelor cu mai multe camere fac parte și cuptoarele circulare (Hoffmann). Numărul total de camere care se află în diferite stadii de ardere depinde de regimul de ardere al produselor. Astfel, la arderea cărămizilor roșii, zonele canalului de ardere sînt repartizate astfel:

Preîncălzire (uscare cu abur)	3 camere
Încălzire (afumare)	2 — 3 camere
Ardere	3 — 4 camere
Menținere (călire)	2 camere
Răcire	3 — 5 camere
Încărcare, descărcare, repartiție	3 — 5 camere

La cuptoarele circulare, consumul de combustibil convențional pentru arderea diferitelor produse este mai mic decît la celelalte tipuri de cuptoare, înregistrînd următoarele valori:

— arderea produselor de șamotă	700 — 840 kcal/kgf
— arderea cărămizilor roșii	260 — 280 kcal/kgf

La cuptoarele circulare consumul util de căldură este de 15—30%, cele mai mari pierderi de căldură fiind cele prin evacuarea gazelor de ardere de 25—40%. Cuptoarele circulare se mai numesc și cuptoare cu flacără mobilă.

Curbele de ardere ale diferitelor materiale în cuptoarele cu camere sînt reprezentate în fig. 10.12.

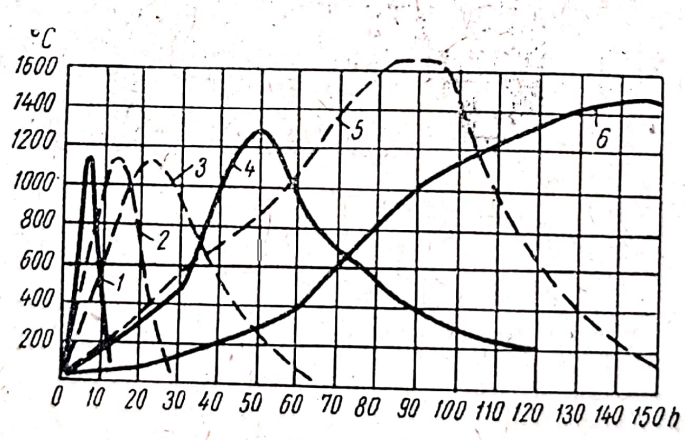


Fig. 10.12. Curbele de ardere ale produselor ceramice:

1 — produse de menaj arse într-un cuptor tunel cu lățimea de 0,5 m; *2* — idem, într-un cuptor tunel cu lățimea de 1,5 m; *3* — idem, într-un cuptor cu o cameră cu volumul de 60 m³; *4* — cărămizi normale de șamotă arse într-un cuptor cu cameră cu capacitatea de 40 tf; *5* — cărămizi de magnezită arse într-un cuptor tunel; *6* — cărămizi de silica arse într-un cuptor cu cameră de 63 tf.

Abaterile de la aceste curbe conduc la creșterea rebuturilor prin crăparea materialelor.

10.3.3. Cuptoare de încălzire cu vatră

Cuptoarele de încălzire cu vatră ca și cuptoarele de încălzire cu camere sînt folosite în uzinele metalurgice pentru încălzirea lingourilor înainte de prelucrare la cald (laminare, forjare, matrițare etc.).

Cel mai perfecționat cuptor de încălzire cu vatră este cuptorul cu propulsie. În fig. 10.13 este reprezentată schema unui cuptor cu propulsie pentru preîncălzirea semifabricatelor de oțel.

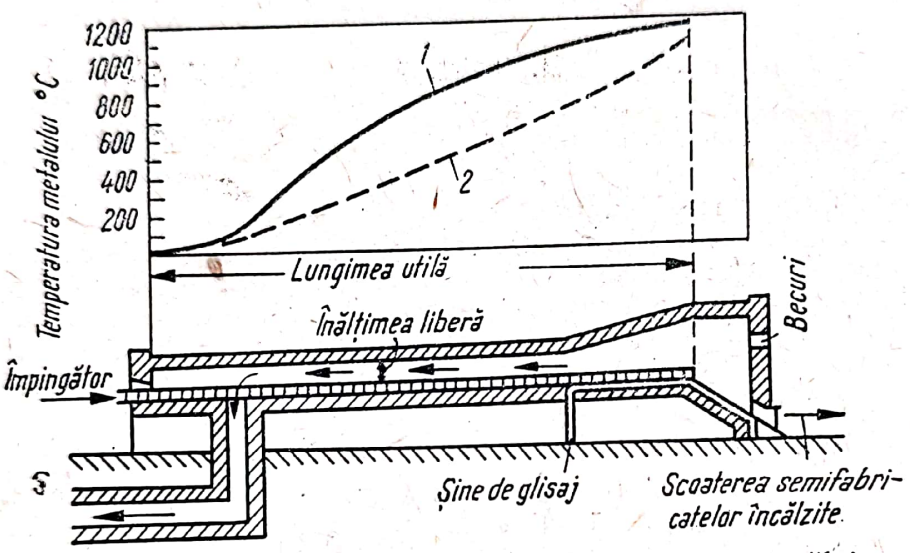


Fig. 10.13. Schema unui cuptor cu propulsie pentru încălzirea semifabricatelor de oțel:

1 — temperatura la suprafața superioară a oțelului; *2* — temperatura la suprafața inferioară a oțelului.

Gazele de ardere circulă în contracurent cu materialul care se deplasează pe șine și ies încălzite la temperatura de 1200—1250°C. În camera de temperatură înaltă (sutură) temperatura gazelor de ardere atinge 1400—1500°C, iar în zona de preîncălzire ea scade de la 1300—1450°C pînă la 800—1000°C. Prin folosirea căldurii recuperate randamentul cuptorului poate ajunge la 60—65%.

Randamentul cuptoarelor pentru încălzirea metalelor sînt foarte scăzute (10—30% din cauza pierderilor de căldură prin evacuarea gazelor de ardere care reprezintă 35—60%).

10.3.4. Cuptoare tunel (cu încărcătură mobilă)

Cuptoarele tunel sînt cele mai moderne cuptoare pentru arderea produselor ceramice. Ele sînt mai economice din punct de vedere energetic și funcțional, permițînd cea mai completă automatizare a procesului de ardere.

După forma canalului de lucru cuptoarele sînt de trei tipuri: cu canal drept (fig. 10.14), cu canal circular și cu canal II, cele mai răspîndite fiind cele cu canal drept. Mari perspective au de asemenea microcuptoarele tunel

ţinîndu-se seamă de simplicitatea construcţiei, preţul de cost redus, capacitatea mare şi condiţiile constante de ardere care le fac foarte economice pentru arderea produselor mărunte.

Principiul de funcţionare al cuptoarelor constă din deplasarea continuă a vagonetelor încărcate cu produsele care se ard în contracurent cu gazele

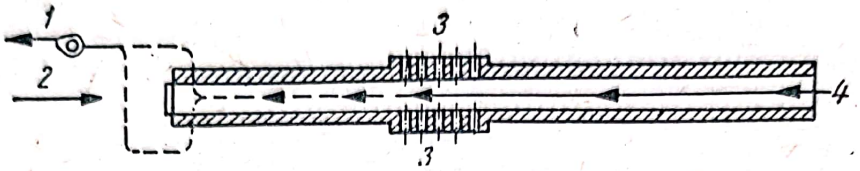


Fig. 10.14. Schema simplificată a unui cuptor tunel drept:
1 — produse de ardere; *2* — încărcarea materialului; *3* — introducerea combustibilului; *4* — aer pentru răcire şi preîncălzire.

de ardere. Convenţional cuptorul se împarte în zonele de preîncălzire, ardere şi răcire. Transmiterea căldurii se realizează, fie direct de la gazele de ardere la material, fie prin intermediul muflei. În al doilea caz gazele de ardere nu intră în spaţiul de lucru, aerul din acest spaţiu, mişcîndu-se datorită circulaţiei naturale. În fig. 10.15 este reprezentată schema simplificată a unui cuptor tunel drept.

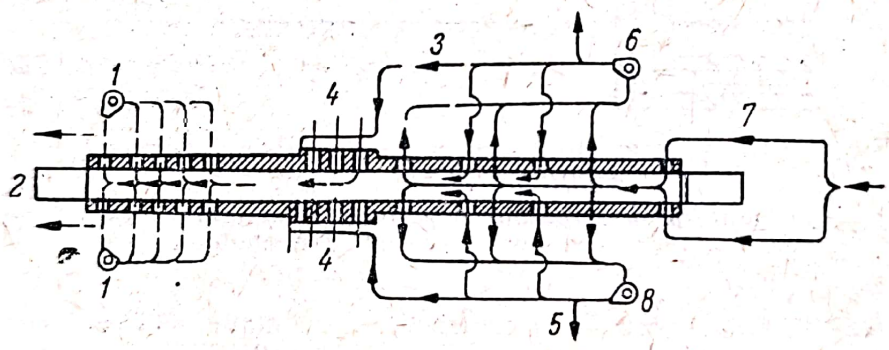


Fig. 10.15. Schema unui cuptor tunel cu circulaţie transversală a aerului şi gazelor de ardere:
1 — gaze de ardere; *2* — încărcarea materialului; *3* — aer pentru ardere; *4* — introducerea combustibilului; *5* — aer de răcire în exces; *6*, *8* — ventilator de circulaţie; *7* — aer de răcire.

Întrucît aceste tipuri de cuptoare prezintă dezavantajul stratificării curenţilor (curenţi calzi la partea superioară şi reci la bază), s-a aplicat prelevarea dirijată a gazelor de ardere (în special la cuptoarele pentru arderea cărămizilor de construcţii şi refractare). Prelevarea dirijată a gazelor nu asigură însă o uniformitate corespunzătoare a temperaturilor în secţiune, din care cauză la o serie de instalaţii se aplică introducerea aerului de preîncălzit din zona de răcire la baza stivei, la începutul zonei de preîncălzire. Sistemul are însă ca dezavantaj depresiunea mare din camera de lucru care favorizează intrarea aerului fals. În vederea ameliorării funcţionării acestui tip de cuptor s-a micşorat depresiunea din spaţiul de lucru al cuptorului prin introducerea de aer rece în zona de răcire. Această soluţie a condus la introducerea de aer fals în zona de ardere.

Scanned with OKEN Scanner

Cele mai bune rezultate în ceea ce privește uniformizarea temperaturii în spațiul de lucru le-a dat cuptorul cu circulația forțată transversală a gazelor de ardere în zona de preîncălzire, sau a aerului în zona de răcire, circulație asigurată cu ventilatoare speciale. Prin aplicarea circulației transversale se micșorează diferența totală de presiune în interiorul cuptorului și infiltrarea de aer rece în spațiul de lucru.

Lățimea maximă b a unui cuptor tunel pentru arderea produselor de ceramică brută atinge 3 m iar pentru produse de ceramică fină 2,2 m. Înălțimea maximă, dacă nu este impusă de material, se ia egală cu $h = 0{,}8\ b$. Lungimea cuptoarelor a atins 140—160 m. Însă s-a constatat practic că ea poate fi limitată la 100—120 m pentru cuptoarele tunel drepte. La cuptoarele tunel circulare diametrul (în axa mijlocie a vetrei cuptorului) variază între 2 și 40 m, cele mai uzuale cuptoare avînd însă 14—20 m.

Viteza gazelor în cuptor în vederea evitării stratificării curentului, trebuie să fie de 1—1,5 m/s iar viteza de înaintare a produselor de 1—2,5 m/h. Deplasarea continuă sau intermitentă a trenului de vagonete cu produse se realizează cu un împingător special care acționează fără șocuri și uniform în vederea evitării prăbușirii materialului.

Consumurile specifice de căldură realizate de cuptoarele tunel sînt următoarele:

Silica	1 400 — 1 750 kcal/kgf	(200 — 250 gcc/kgf)
Produse de șamotă	700 — 1 120 kcal/kgf	(100 — 160 gcc/kgf)
Cărămizi roșii	280 — 420 kcal/kgf	(40 — 60 gcc/kgf)
Portelan	1 120 — 6 300 kcal/kgf	(160 — 900 gcc/kgf)
Faianță	2 100 — 2 590 kcal/kgf	(300 — 370 gcc/kgf)

10.4. REGIMUL TERMIC AL CUPTOARELOR

10.4.1. Regimul de temperaturi

În diversele cuptoare industriale se realizează temperaturi în conformitate cu necesitățile proceselor tehnologice.

Regimurile de temperaturi din diversele ramuri industriale sînt cuprinse în tabela 10.10.

Tabela 10.10. **Regimul de temperaturi al cuptoarelor**

Ramura industrială Tipul cuptorului Produse	Temperatura la începutul procesului °C	Surplusul de temperatură necesar °C	Temperatura finală a produsului °C
Industria metalurgică			
Cuptoare de încălzire			
Cabluri, platbande, tablă subțire	600— 720	200	800— 900
Tablă albă și presată	600— 720	100	700— 800
Tablă groasă, piese turnate de oțel	600	200—400	800—1000
Piese forjate	600	100—200	700— 800

Scanned with OKEN Scanner

Ramura industrială Tipul cuptorului Produse	Temperatura la începutul procesului °C	Surplusul de temperatură necesar °C	Temperatura finală a produsului °C
Vase de smălţuit	600	100—200	700— 800
Piese de smălţuit	—	—	750— 850
Cuptoare de tratament	—	—	700— 850
Cuptoare de reducere cu gaze	300— 400	400—500	800— 900
Reducere cu carbon	900—1000	300—500	1200—1500
Prăjire minereu	400	100—300	500— 700
Cuptoare de topire pentru:			
Fontă cenuşie	1130	200—300	1330—1430
Fontă brută	1150	200—350	1350—1500
Fontă zgură	1150—1250	200—300	1350—1600
Fontă oţel	1400—1500	100—200	1550—1650
Cuptoare pentru concentrarea minereului	—	—	800—1000
Căzi de gudronare	70	80	150
Cuptoare de laminor (oţel moale)	—	— —	1150—1300
Idem (oţel dur)	—	—	1000—1000
Cuptoare de cementare	850	100—200	950—1050

Metale neferoase	Topire °C	Turnare °C	Laminare °C	Presare la cald °C	Incălzire °C
Aluminiu	660	720	500	500	300—350
Bronz de aluminiu	—	1050—1100	850	800— 900	—
Duraluminiu	670	750— 800	470	510	350
Alamă	—	1000	700—800	650— 800	550—600
Cupru	1083	1230	800	900—1000	600
Nichel	1450	1550	1100	—	650—780
Bronz fosforos	—	1150	850	900	550—630
Aliaj de cuzineţi	—	350— 550	—	—	—
Zinc	420	500	150	100	170
Cositor	232	300	—	—	—

Industria ceramică şi a sticlei Cuptoare de ardere:	Temperatura de ardere °C
Faianţă	900
Clincher	1100
Magnezită	1430
Majorica	900
Porţelan moale (preardere)	920
Porţelan moale (ardere completă)	1200
Porţelan dur (preardere)	920
Porţelan dur (ardere completă)	1380
Şamotă şi cărămizi de şamotă	1250
Ţigle din silicaţi	1300
Var	1000

Scanned with OKEN Scanner

10.4.2. Consumul specific de căldură al cuptoarelor

În tabela 10.11 se prezintă consumurile specifice medii lunare realizate de diversele cuptoare în diversele ramuri industriale.

Tabela 10.11. **Consumul specific de căldură calculat la 1 tf de material fabricat**

Ramura industrială și felul cuptorului	10^6 kcal/tf
Siderurgice	
Furnal (funcție de calitatea minereului)	5,6
Cuptor Martin 5 tf/șarjă	3,5
10 tf/șarjă	2,1
40 tf/șarjă	1,68
100 tf/șarjă și peste	1,26
Cuptoare cu propulsie (material rece)	0,5
(material cald)	0,4
Cuptor adînc (material rece)	0,55
(material cald)	0,25
Cuptoare de încălzire pentru: table	0,47
cabluri	1,60
piese mari	0,50
Cuptoare pentru laminoare (fără recuperare)	1,31
(cu recuperare)	0,95
(continue)	0,60
Cuptoare cu grătar pentru tablă subțire	1,70
Idem mecanic sau cu generator	1,24
Cuptor pentru țevi sudate	1,44
Cuptor pentru tratament, călire	0,61
Cuptor pentru revenire	0,40
Cuptor de forjă fără recuperare	1,74
Idem, cu recuperare	0,70
Metale neferoase	
Topire și afinare cupru (introducere la rece încălzire cu generator)	1,44
Cuptoare cu propulsie pentru alamă cu gaze	0,29
Cuptoare adînci sau cu tambur pentru prăjire	0,55
Cuptor de încălzire pentru tuburi	0,05
Idem tuburi cupru	0,70
Idem tablă cupru	0,34
Idem presare alamă	0,53
Cuptoare de topire (creuzet) pentru aluminiu	0,72
Idem pentru cositor	0,58
Idem pentru metale de cuzinești	0,48
Vase de zincare	0,48

Scanned with OKEN Scanner

XI

ECHIPAMENTUL TERMOTEHNIC TIPIZAT

11.1. CONDUCTE ŞI ARMĂTURI

Presiunea nominală, presiunea de lucru (în funcţie de temperatură) presiunea de încercare (tabela 11.1) şi regimurile de lucru (în funcţie de presiune, temperatură, agresivitatea fluidului etc.) pentru ţevi, tuburi, piese de legătură, fitinguri, flanşe şi armături sînt precizate în STAS 2250-51. Pentru aceleaşi elemente de conducte, diametrele nominale (tabela 11.2) sînt precizate în STAS 2099-51.

11.1.1. Conducte

Dimensiunile de laminare (diametrul exterior şi grosimea peretelui, v. tabela 11.2) precum şi greutăţile ţevilor de oţel fără sudură, laminate la cald, pentru construcţii, sînt stabilite prin STAS 404-59. Grosimea pereţilor acestor ţevi creşte din jumătate în jumătate de milimetru între 2,5 şi 10 mm, din milimetru în milimetru între 10 şi 20 mm şi din 2 în 2 mm, între 20 şi 30 mm.

Diametrul interior d_i al unei conducte se calculează cu relaţia:

$$d_i = \sqrt{\frac{354\,G}{\gamma\, w}} = \sqrt{\frac{354\,Gv}{w}}\ [\text{mm}], \qquad (11.1)$$

în care: G este debitul fluidului, în kgf/h;
w — viteza fluidului, în m/s (v. tabela 11.3);
γ — greutatea specifică a fluidului, în kgf/m³;
v — volumul specific al fluidului, în m³/kgf (v. formulele 9.10 şi 9.11).

Grosimea peretelui, δ, se calculează cu relaţia:

$$\delta = \frac{p d_i}{230\,\sigma_{ad}\,\varphi + p} + C\ [\text{mm}], \qquad (11.2)$$

Tabela 11.1. **Presiuni nominale, presiuni de lucru și presiuni de încercare pentru conducte**

Presiuni nominale p_n kgf/cm²	Regim de lucru						Presiuni de încercare kgf/cm²
	I 120°C	II 300°C	III 400°C	IV 450°C	V 475°C	VI 500°C	
	Presiuni maxime de lucru, în kgf/cm²						
1	1	1					2
2,5	2,5	2					4
4	4	3,2					6
5	5	4					8
6	6	5	4				10
(8)	(8)	(6)	(5)				12
10	10	8	6				15
(12,5)	(12,5)	(10)	(8)				20
16	16	13	10	8			25
(20)	(20)	(16)	(13)	(10)			30
25	25	20	16	13	10	8	40
(32)	(32)	(25)	(20)	(16)	(13)	(10)	50
40	40	32	25	20	16	13	60
(50)	(50)	(40)	(32)	(25)	(20)	(16)	75
64	64	50	40	32	25	20	96
(80)	(80)	(64)	(50)	(40)	(32)	(25)	120
100	100	80	64	50	40	32	150
(125)	(125)	(100)	(80)	(64)	(50)	(40)	190
160	160	125	100	80	64	50	240
(200)	(200)	(160)	(125)	(100)	(80)	(64)	300
250	250	200	160	125	100	80	375
(320)	(320)	(250)	(200)	(160)	(125)	(100)	480
400	400	320	250	200	160	125	600
(500)	(500)	(400)					750
640	640	500					900
(800)	(800)	(640)					1200
1000	1000	800					1500

Valorile din tabelă se referă la suprapresiuni.

Tabela 11.2. **Diametrele nominale (d_n), diametrele exterioare (d_e) și grosimile pereților (δ) țevilor de oțel fără sudură, laminate la cald (în mm)**

d_n	d_e	δ	d_n	d_e	δ
15	22	2,5— 4	(110)	(127)	4—20
	25			133	
	28	2,5— 7	125	140	4,5—24
20	30			146	
	32			152	5—24
25	35			159	
	38		150	168	5,5—30
30	41,5	2,5— 8		(180)	6—30
	44,5		(175)	194	7—30
	51		200	219	
40	57	3 —10	(225)	245	
50	(60)	3,5—10	250	273	8—30
	63,5		(275)	299	
(60)	70		300	325	9—30
65	76	3,5—11		351	
	83		350	377	10—30
80	89		400	426	11—30
	95	3,5—12	450	478	
(90)	102	4 —15		(508)	
	108		500	529	12—30
100	114	4 —20			
	121				

Diametrele în paranteze se vor evita pe cît posibil.

Tabela 11.3. **Vitezele uzuale ale fluidelor în conducte**

Fluidul	Conducta	Viteza m/s
Abur saturat	Magistrale	30— 40
	Derivații	20— 30
Abur supraîncălzit	Debit mic	30— 40
	Debit mediu	40— 40
	Debit mare	50— 65
Abur prelevat	Magistrale	30— 50
	Derivații	20— 30
Abur uzat		60—100
Aer	Aspirație în compresor cu piston	15— 20
	Refulare din compresor cu piston	25— 30
	Aspirație și refulare la turbocompresoare	20— 25
Apă	Transport, distribuție	1— 2
	Aspirație în pompe de alimentare	0,5— 1
	Refulare din pompe de alimentare	1,5—2,5
	Aspirație în pompe de răcire	0,7—1,5
	Refulare din pompe de răcire	1— 2
Ulei	Scurgere	0,2—0,5
	Sub presiune	0,8—1,2

Scanned with OKEN Scanner

în care p este suprapresiunea din ţeavă, în kgf/cm², la care se adaugă presiunea hidrostatică, dacă aceasta depăşeşte 2,5% din presiunea de lucru;
σ_{ad} — rezistenţa admisibilă a materialului, în kgf/m²;
φ — coeficientul de rezistenţă la sudură;
C — adaus pentru coroziune şi subţierea peretelui.

Ţevile laminate, fără sudură, se execută din oţel carbon OLT (STAS 2881-51); ţevile care lucrează la temperaturi ridicate şi care trebuie să prezinte calităţi superioare în ce priveşte rezistenţa la oxidare şi coroziune, se execută din oţel aliat OAT (STAS 2882-51). Calitatea oţelului din care sînt fabricate ţevile, se alege în funcţie de condiţiile de lucru (presiune şi temperatură), din tabela 11.4.

Rezistenţele admisibile introduse în formula (11.2) se stabilesc în funcţie de materialele folosite (tabela 11.4) şi de temperatura de lucru (tabela 11.5). Valoarea coeficientului de rezistenţă la sudură depinde de tipul sudurii (tabela 11.6), iar valoarea adaosului C este de 10—20% din grosimea teoretică (fără adaos), însă cel puţin de 1 mm.

În tabela 11.7 sînt cuprinse grosimile pereţilor conductelor de abur, în funcţie de diametrul exterior şi de presiunea nominală.

Alungirea conductelor de oţel datorită dilatării termice, se calculează cu relaţia:

$$\Delta l = \frac{l \cdot \Delta t \cdot 1{,}3}{100} \text{ [mm]}, \qquad (11.3)$$

în care l este lungimea conductei, în m;
Δt — diferenţa dintre temperatura de lucru şi temperatura de montare, în grd.

Pentru preluarea dilatărilor conductelor şi pentru menţinerea în limitele admisibile a valorilor eforturilor şi rezistenţelor provenite din dilatări, se folosesc diferite procedee de compensare:

— prin alegerea la proiectare a unui traseu care să asigure conductei o elasticitate suficientă;

— prin intercalarea pe traseul conductei, a unor elemente de compensare elastică (compensatoare în formă de U, de liră sau cu burduf);

— prin intercalarea pe traseul conductei, a unor elemente de compensare care permit deplasări relative (compensatoare cu presgarnitură).

În tabela 11.8 sînt cuprinse valorile dilatărilor care pot fi preluate de către compensatoarele în formă de U (fig. 11.1), la care raza de curbură a coturilor este de patru ori mai mare decît diametrul exterior ($R = 4d_e$), cu condiţia pretensionării conductei la jumătate din dilatarea termică. Dacă distanţa dintre compensator şi cel mai apropiat punct fix al conductei este mai mică decît $10d_e$, capacitatea de compensare se reduce cu circa 20% faţă de valorile din tabelă.

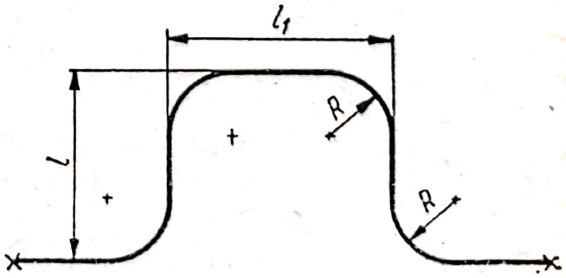


Fig. 11.1. Schema compensatorului în formă de U.

Conductele precum şi elementele componente ale acestora (piese

Tabela 11.4. **Materiale pentru conducte din țevi fără sudură**

Fluidul	Parametrii		Material	Rezistența, kgf/mm²					
	p kgf/cm²	t °C		σ_r	σ_c	σ_{fl}, la t °C			
						400	500	550	600
Abur, apă	≤20	≤300	OLT 32[1])	32—41	18				
		301—350	OLT 32						
Abur, apă	21—50		OLT 35	35—45	23				
		351—400	OLT 45	45—55	26				
		401—500	OAT 1	38—45	25	14	9	4	2
			OAT 2	45—55	30	21	15	7	2
Abur	>50	501—550	OAT 3	45—55	30	22	10	5	2
			OAT 4	45—55	30	22	10	5	2
		800	OAT 5	45—55	30	22	10	5	2

[1]) Se pot folosi țevi sudate, numai cu avizul ISCIR.

Tabela 11.5. **Determinarea rezistențelor admisibile la conducte**

Temperatura °C	< 265	265—450	>450
σ_a kgf/mm²	Valoarea cea mai mică dintre		
	$\frac{\sigma_r}{3,75}$	$\frac{\sigma_r}{3,75}$ și $\frac{\sigma_c}{1,8}$	$\frac{\sigma_c}{1,8}$ și $\frac{\sigma_{fl}}{1,65}$

Tabela 11.6. **Valoarea coeficientului de rezistență la sudură, φ**

Îmbinare	φ
Cap la cap, cu cusătură bilaterală	0,95
Cap la cap, cu cusătură unilaterală, cu inel interior	0,90
Cap la cap, cu cusătură unilaterală	0,80
Suduri de țevi suprapuse (cu manșon), sau de plăci suprapuse	0,80

Tabela 11.7. **Diametrele și grosimile pereților conductelor de abur**

Diametrul exterior mm	Grosimea peretelui (în mm) la p_n de		
	40 kgf/cm²	64 kgf/cm²	100 kgf/cm²
108	4	5	6
133	4	6	8
159	4,5	7	9
219	7	10	12
273	9	12	16
325	10	15	18
377	12	16	20

Tabela 11.8. **Dilatarea care poate fi preluată de compensatoarele în formă de U, în mm.**

$d_e \times \delta$mm		57 × 3,5				108 × 4				219 × 9			
l_1/l		0,5	1,0	2,0	4,0	0,5	1,0	2,0	4,0	0,5	1,0	2,0	4,0
$l =$	$8d_e$	13	18	26	42	31	37	50	76	74	85	104	148
	$12d_e$	28	37	56	94	61	76	104	163	136	158	204	293
	$16d_e$	48	65	98	161	101	125	176	280	213	252	334	494
	$24d_e$	80	108	167	282	200	260	372	605	400	490	670	1030
$d_e \times \delta$mm		325 × 12				426 × 13				529 × 15			
l_1/l		0,5	1,0	2,0	4,0	0,5	1,0	2,0	4,0	0,5	1,0	2,0	4,0
$l =$	$8d_e$	117	127	155	206	150	168	204	275	195	215	254	332
	$12d_e$	207	237	296	413	272	312	392	352	348	392	480	660
	$16d_e$	316	368	472	678	417	490	610	920	530	610	765	1080
	$24d_e$	585	705	940	1410	780	940	1265	1910	960	1114	1495	2200

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.9. **Condițiile de utilizare a robinetelor cu ventil**

Robinet cu ventil	Tija	Racord la conductă	Corpul	p_n kgf/cm²	Presiunea maximă de lucru, la temperatura t °C						Dn mm	Condiții de lucru
					120	200	300	400	450	500		
Din fontă	În interior	Cu mufe	Drept	16	16	10	—	—	—	—	10— 50	Fluide curate, neutre sau cu corosivitate redusă. Solicitări și condiții de lucru normale
			De colț									
	În exterior	Cu flanșe	Drept	16	16	10	10	—	—	—	10—300	
				25	25	16	16	—	—	—	10—100	
			De colț	16	16	10	10	—	—	—	10—300	
				25	25	16	16	—	—	—	10—100	
Din oțel	În exterior	Cu flanșe	Drept	25	25	23	20	16	12	8	15—300	Fluide lucrate sau murdare, neutre sau corosive. Solicitări mari, condiții de lucru grele
				40	40	36	32	25	20	13		
				64	64	58	50	44	32	20	15—150	
				100	100	90	80	64	50	32		
				160	160	145	125	100	80	50	20—100	
				250	250	225	200	160	125	80		
			De colț	25	25	23	20	16	12	8	15—300	
				40	40	36	32	26	20	14		
				64	64	58	50	42	32	22	15—150	
				100	100	90	80	64	50	35		

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.10. **Condițiile de utilizare a robinetelor cu sertar**

Robinet		Corpul	p_n kgf/cm²	Presiunea maximă de lucru la temperatura t °C							*Dn* mm	Condiții de lucru
				100	150	200	300	400	450	500		
Din fontă	Cu sertar pană	Plat	1	1	0,8	0,6	0,6	—	—	—	700—1200	Fluide cu acțiune corosivă normală
			2,5	2,5	2	1,6	1,6	—	—	—	350—1200	
			4	4	3,2	2,5	2,5	—	—	—	40— 300	
			6	6	5	4	4	—	—	—	200—1200	
			10	10	8	6	—	—	—	—	40— 300	
		Oval	6	6	5	4	4	—	—	—	750—1200	
			10	10	8	6	6	—	—	—	40— 600	
		Rotund	16	16	10	10	—	—	—	—	200—1000	
	Cu sertar paralel	Oval	10	10	8	6	6	—	—	—	250—1000	
Din oțel turnat	Cu sertar pană	Oval	16	16	16	15	13	—	—	—	40— 600	Fluide cu acțiune corosivă normală. Pentru $t < 200$°C, filetul tijei în interior Pentru $t > 200$°C, filetul tijei în exterior
			25	25	25	23	20	—	—	—	40— 500	
		Rotund	25	25	20	16	16	—	—	—	40— 400	
			40	40	40	36	32	—	—	—		
			64	64	64	58	50	—	—	—		
			100	100	100	90	80	—	—	—		
	Cu sertar paralel	Oval	25	25	25	23	20	16	—	—	40— 500	Fluide murdare, puternic corosive. Condiții grele de lucru, manevre frecvente
		Rotund	40	40	40	36	32	25	—	—	40— 400	
			64	64	64	58	50	40	—	—		
			100	100	100	90	80	64	—	—		
	Cu sertar paralel, cu acțiune rapidă	Rotund	25	25	25	25	25	23	20	16	25— 60	Robinete cu acțiune rapidă și robinete de golire
			40	40	40	40	40	36	32	35		
			64	64	64	64	64	58	50	40	25— 50	
			100	100	100	100	100	90	80	64		
	Cu sertar special, pentru presiuni și temperaturi ridicate	Oval	25	25	25	25	25	23	20	16	40— 400	Temperaturi și presiuni ridicate
		Rotund	40	40	40	40	40	36	32	25		
			64	64	64	64	64	58	50	40	40— 300	
			100	100	100	100	100	90	80	64		
			160	160	160	160	160	145	130	100		
			250	250	250	250	250	230	200	160	40— 150	

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.11. **Condițiile de utilizare a clapetelor de reținere**

Clapeta		Corpul	p_n kgf/cm²	Presiunea maximă de lucru, la temperatura t °C						D_n mm	Condiții de lucru
				120	200	300	400	450	500		
Din fontă	Cu ventil	Drept	16	16	10	—	—	—	—	10—300	Fluide curate sau murdare, cu acțiune corosivă redusă; solicitări reduse
			25	25	16	16	—	—	—	10—100	
		De colț	16	16	10	—	—	—	—	10—300	
			25	25	16	16	—	—	—	10—100	
	Cu valvă	Drept	16	16	10	—	—	—	—	40—600	
			25	25	16	16	—	—	—	40—200	
		De colț	16	16	10	—	—	—	—	40—400	
			25	25	16	16	—	—	—	40—200	
Din oțel	Cu ventil	Drept	25	25	23	20	16	13	8	15—200	
			40	40	36	32	25	20	13		
			64	64	58	50	40	32	20	20—100	
			100	100	90	80	64	50	32		
			160	160	145	125	100	80	50		
			250	250	230	200	160	125	80		
		De colț	25	25	23	20	16	13	8	15—200	Fluide curate sau murdare, neutre sau corosive. Solicitări mari. Condiții grele de lucru.
			40	40	36	32	25	20	13		
			64	64	58	50	40	32	20	20—100	
			100	100	90	80	64	50	32		
	Cu valvă	Drept	25	25	23	20	16	13	8	40—500	
			40	40	36	32	25	20	13		
			64	64	58	50	40	32	20	40—250	
			100	100	90	80	64	50	32	40—200	
			160	160	145	125	100	80	50	40—150	
			250	250	230	200	160	125	80		
		De colț	25	25	23	20	16	13	8	40—200	
			40	40	36	32	25	20	13	40—150	
			64	64	58	50	40	32	20		

Scanned with OKEN Scanner

de legătură, armături etc.), prin care circulă fluide calde, trebuie prevăzute cu izolație termică, astfel încît temperatura la suprafața exterioară a izolației să nu depășească 50°C, cînd temperatura mediului înconjurător este de 25°C. Grosimea

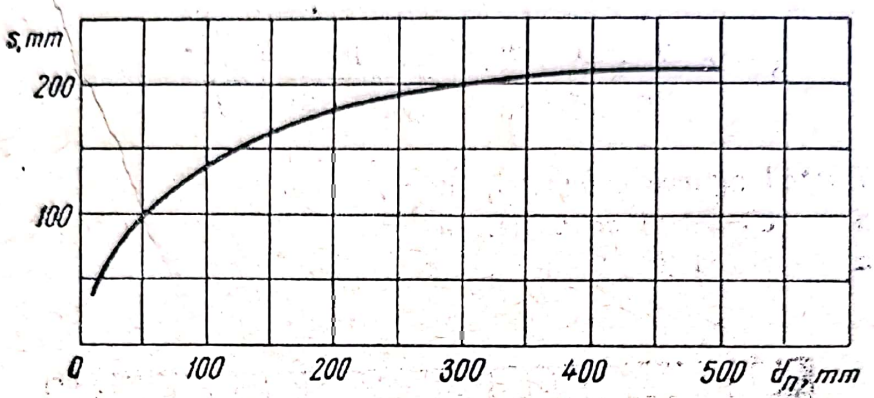


Fig. 11.2. Variația grosimii maxime (s) a izolației, în funcție de diametrul nominal (d_n) al conductei.

optimă a izolației se determină prin calcule, în funcție de pierderile de căldură și de costul izolației, care trebuie să fie cît mai mici. În fig. 11.2 este dată grosimea maximă a izolației, în funcție de diametrul nominal al conductei.

11.1.2. Armături

Principalele armături folosite în instalațiile termice sînt organele de reglare și de închidere, supapele de siguranță, indicatoarele de nivel, separatoarele (oalele) de condensat etc. Condițiile generale de utilizare a organelor de reglare și de închidere sînt cuprinse în tabela 11.9 pentru robinetele cu ventil (după STAS 1181-52), în tabela 11.10 pentru robinetele cu sertar (după STAS 1180-52) și în tabela 11.11 pentru clapetele de reținere (după STAS 1702-50); presiunea de deschidere a supapelor de siguranță, în funcție de presiunea de lucru, este cuprinsă în tabela 11.12.

Tabela 11.12. **Presiunile de deschidere a supapelor de siguranță, în kgf/cm²**

Presiunea de lucru p_l	Presiunea de deschidere a supapei de	
	control	lucru
< 7	$p_l + 0{,}2$	$p_l + 0{,}2$
7— 13	$p_l + 0{,}2$	$p_l + 0{,}3$
13—100	$1{,}03\ p_l$	$1{,}05\ p_l$
>100	$1{,}05\ p_l$	$1{,}08\ p_l$

11.1.3. Calculul căderii de presiune

Căderea de presiune într-o conductă rectilinie se calculează cu relaţia:

$$\Delta p' = \frac{\gamma}{10^4}\lambda\frac{l}{d}\frac{w^2}{2g} = \frac{\gamma w^2}{1{,}962\cdot 10^5}\lambda\frac{l}{d}\ [\mathrm{kgf/cm^2}], \qquad (11.4)$$

în care: l este lungimea conductei, în m;
d — diametrul conductei, în m;
w — viteza fluidului, în m/s;

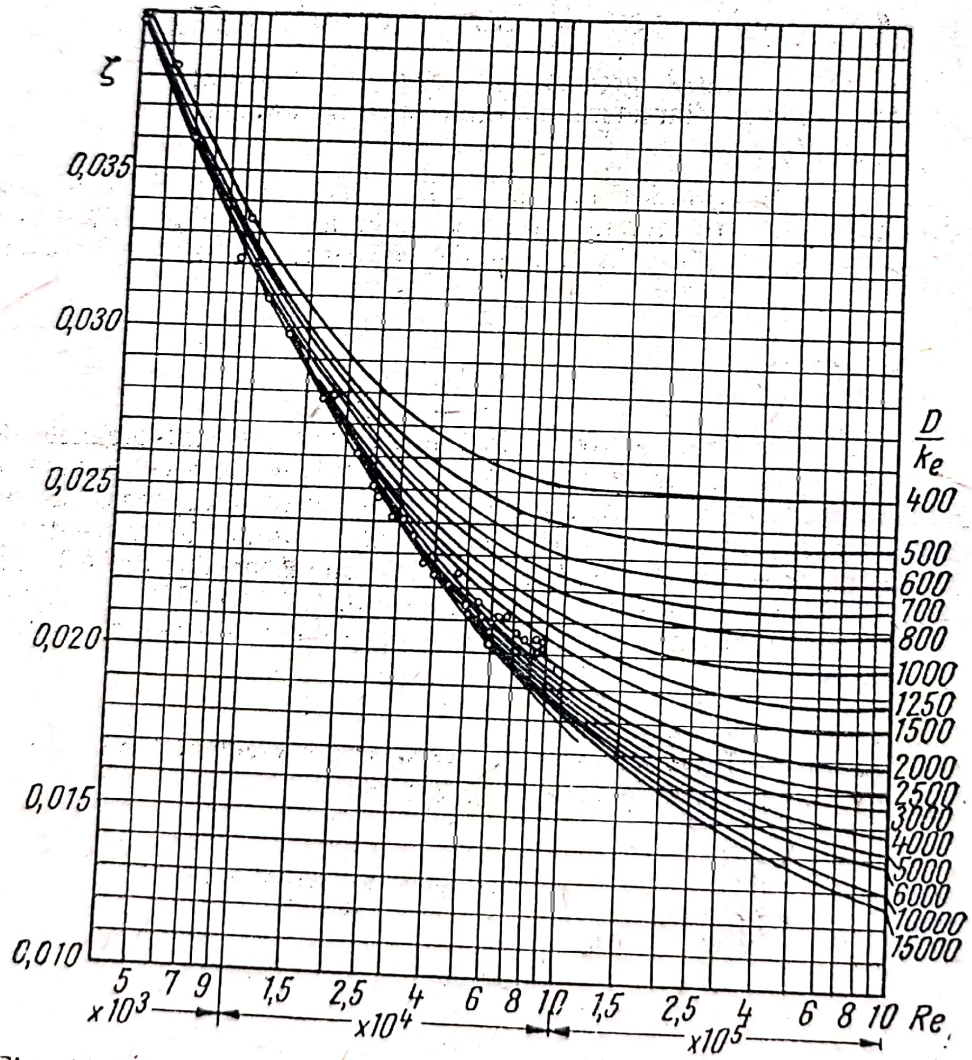


Fig. 11.3. Variaţia coeficientului de rezistenţă liniară λ a conductelor de oţel, în funcţie de numărul Reynolds, şi de rugozitatea relativă $\frac{d}{k}$ (după VTI).

γ — greutatea specifică a fluidului, kfg/m³
λ — coeficientul de rezistenţă liniară a conductei (fig. 11.3), care depinde de condiţiile de curgere, exprimate prin numărul Reynolds:

$$\mathrm{Re} = \frac{wd}{\nu} \qquad (11.5)$$

şi de rugozitatea relativă a conductei, $\frac{d}{k}$.

În formula (11.5) ν este coeficientul de viscozitate cinematică a fluidului în m²/s (v. tabelele 11.13—11.15)[1]). La lichide valoarea coeficientului de viscozitate ν este puţin influenţată de presiune, astfel încît această influenţă poate fi neglijată; la gaze, ν variază invers proporţional cu presiunea. Viscozitatea ν' la presiunea p' (cunoscîndu-se din tabele viscozitatea ν la aceeaşi temperatură şi la presiunea p) se determină cu

$$\nu' = \nu \frac{p}{p'}. \qquad (11.6)$$

În expresia rugozităţii relative, k este coeficientul de rugozitate, a cărui valoare depinde de materialul şi de starea suprafeţei conductei (tabela 11.16).

Căderea locală de presiune (în piese fasonate, armături etc.) se calculează cu relaţia:

$$\Delta p'' = \frac{\gamma}{10^4} \xi \frac{w^2}{2g} =$$

$$= \frac{\gamma w^2}{1{,}962 \cdot 10^5} \xi \ [\mathrm{kgf/cm^2}], \qquad (11.7)$$

în care ξ este coeficientul de rezistenţă locală (v. fig. 11.4 şi tabela 11.17).

La piesele fasonate, căderea locală de presiune poate fi calculată şi cu formula (11.4), în care l este *lungimea echivalentă* (lungimea de conductă rectilinie care provoacă aceeaşi cădere de presiune ca şi piesa fasonată). Lungimea echivalentă se ia din

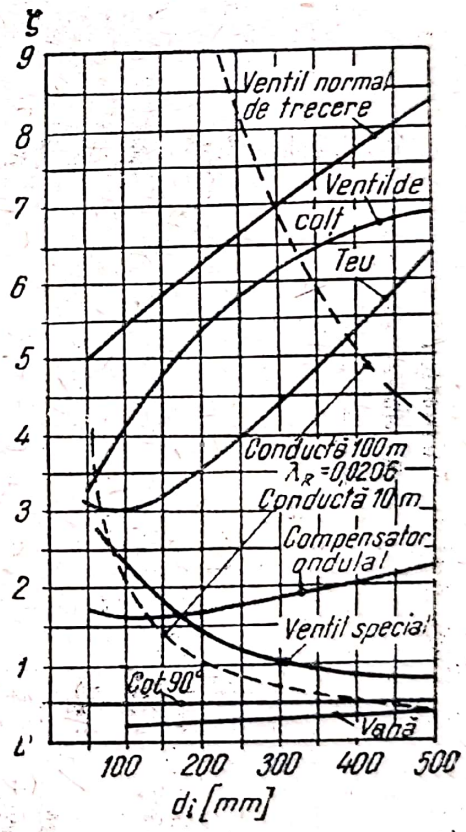


Fig. 11.4. Variaţia coeficientului de rezistenţă locală, ξ, pentru diferite tipuri de rezistenţe, în funcţie de diametrul interior.

[1]) Se atrage atenţia că, datorită valorilor mici ale viscozităţii, în tabelă se dau valori de 10^6 ori mai mari. Pentru aceasta, în formula (11.5) se va introduce în locul coeficientului ν, valoarea corespunzătoare din tabele, împărţită prin 10^6.

Tabela 11.13. Viscozitatea cinematică, $10^6 \nu$, în m^2/s, a aerului și apei, la presiunea de 760 torr

t, °C	0	10	20	40	60	80	100	150	200	300	400	500
aer	13,3	14,21	15,11	16,97	18,90	20,94	23,06	28,7	34,6	47,8	62,5	78,4
apă	1,79	1,31	1,01	0,658	0,478	0,366	0,295	—	—	—	—	—

Tabela 11.14. Viscozitatea cinematică, $10^6 \nu$, în m^2/s, a apei și aburului în starea de saturație

t, °C	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370
p, kgf/cm²	4,8	8,1	12,8	19,5	28,5	40,6	56,1	75,9	100,6	131,2	168,6	214,7
Apă	0,202	0,181	0,166	0,154	0,145	0,137	0,133	0,129	0,128	0,127	0,127	0,127
Abur	5,80	3,80	2,59	1,82	1,32	0,974	0,732	0,557	0,426	0,325	0,243	0,169

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.15. Viscozitatea cinematică, $10^6 \nu$, m^2/s, a apei și a aburului supraîncălzit

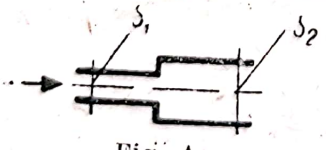
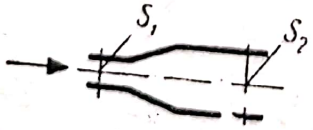
p kgf/cm² / t °C	1	20	40	60	80	100	150	200	250	300
100	20,90	0,295	0,296	0,297	0,298	0,299	0,301	0,304	0,308	0,311
150	27,77	0,201	0,202	0,204	0,205	0,206	0,207	0,208	0,212	0,215
200	35,53	0,160	0,160	0,161	0,161	0,162	0,163	0,163	0,165	0,165
250	44,21	2,061	0,928	0,138	0,138	0,139	0,139	0,139	0,139	0,140
300	53,80	2,576	1,219	0,757	0,515	0,128	0,128	0,128	0,13	0,13
350	64,28	3,120	1,509	0,970	0,696	0,527	0,285	0,123	0,12	0,12
400	75,60	3,712	1,817	1,185	0,867	0,676	0,414	0,277	0,200	0,136
450	87,80	4,337	2,142	1,410	1,043	0,822	0,526	0,375	0,284	0,232
500	100,8	5,005	2,486	1,647	1,227	0,973	0,635	0,466	0,364	0,297
550	114,8	5,714	2,851	1,895	1,417	1,131	0,748	0,557	0,442	0,367
600	129,2	6,468	3,236	2,159	1,621	1,298	0,867	0,652	0,523	0,438

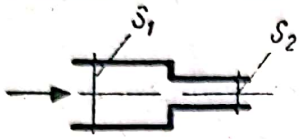
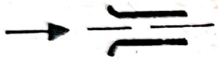
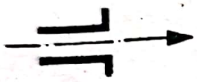
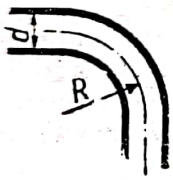
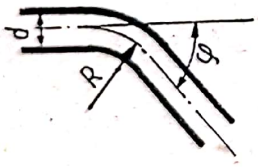
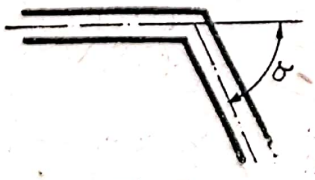
Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.16. **Valoarea coeficientului de rugozitate, k, pentru conducte**

Conducta		k mm
Materialul	Starea	
Țevi trase de cupru, alamă, bronz, aluminiu, aliaje ușoare, sticlă, mase plastice etc.	nouă; perete neted	0—0,0015
Țevi de oțel, trase	nouă; perete neted	0,01—0,05
Țevi de oțel sudate	nouă; ușor ruginită cu crustă subțire cu crustă groasă	0,05—0,10 0,15—0,20 1,5 $\leqslant 3$
Țevi de oțel, nituite		1—5
Țevi de oțel, galvanizate	nouă;	0,12—0,15
Țevi de oțel, forjate	nouă;	0,05
Țevi de fontă, asamblate prin flanșe sau mufe	nouă; cu căptușală interioară de ciment sau bitum; nouă, necăptușită ruginită, cu rosturi mari la locurile de asamblare; cu crustă	0 (neted) — 0,12 0,25 $\leqslant 1,5$ $\leqslant 3$
Țevi de lemn	nouă; netezimea crește cu timpul, datorită depunerilor mucilaginoase	0, 2—1
Țevi de asbociment, ternit	nouă;	0 (neted) — 0,1
Țevi de beton	nouă; beton armat sau precomprimat, netezit și sclivisit nouă, beton centrifugat, sclivisit nouă, nesclivisit din beton armat, slivisit după cîțiva ani de folosire	0 (neted) — 0,15 $\approx 0,15$ 0,2—0,8 0,2—0,3

Tabela 11.17. **Valorile coeficientului de rezistență locală ξ, pentru diferite tipuri de rezistențe locale**

Rezistența locală		ξ
 Fig. A	Creșterea bruscă a diametrului	$\left(\frac{S_2}{S_1} - 1\right)^2$
 Fig. B	Creșterea progresivă a diametrului	$k\left(\frac{S_2}{S_1} - 1\right)^2$ în care: $k = 0,12...0,20$ (valoarea crește cu unghiul conului)

Rezistenţa locală	ξ
 Fig. C — Reducerea bruscă a diametrului	$0{,}5\left(1-\frac{S_2}{S_1}\right)^2$
Fig. D — Intrarea în conductă (muchie ascuţită)	0,5
 Fig. E — Intrarea în conductă (muchie rotunjită)	0,05—0,25
 Fig. F — Ieşirea din conductă	1
 Fig. G — Cot curbat, la 90°	$\frac{R}{d}$: 1 — 2 — 3 — 4 — 5 ξ_{90}: 0,29 — 0,15 — 0,12 — 0,10 — 0,08
 Fig. H — Cot curbat, la φ°	$\xi_{\varphi} = \xi_{90} \cdot \frac{\varphi}{90}$
 Fig. I — Cot brusc, la α°	α°: 90 — 60 — 45 — 30 — 22,5 ξ: 1,3 — 0,7 — 0,3 — 0,2 — 0,1
Cot sudat, la 90°, cu două suduri (un segment)	0,6
Cot sudat, la 90°, cu trei suduri (două segmente)	0,5
Clapetă de reţinere	7
Separator de picături	8 —12
Compensator cu presgarnitură	0,2—0,5

tabele, în funcţie de tipul şi de diametrul piesei fasonate (tabela 11.18). Pentru determinarea căderii de presiune la curgerea fluidului perpendicular pe un fascicul de ţevi, se aplică formula (9.14).

Tabela 11.18. **Lungimea echivalentă a unor piese fasonate (în metru de conductă rectilinie)**

Piesa fasonată \ Diametrul nominal mm			50	100	200	300	400	500
Cot	din ţeavă	neted $R=4d$	1	1,7	3,2	5	7	9
		neted $R=3d$	1,5	2,5	5	7	10	14
		cu ondulaţii $R=4d$	1,7	2,8	5,5	8,5	11,5	15
		cu ondulaţii $R=3d$	2,4	4	8	12	17	23
	sudat, din segmente de tablă		7,5	17,5	42	70	100	140
	turnat		3,2	7,5	18	30	42	55
Compensator liră din ţeavă	neted		4	9,5	20	33	48	64
	cu ondulaţii		5	12	26	42	61	82

Căderea totală de presiune într-o conductă denivelată în cazul lichidelor care cuprinde atît porţiuni rectilinii, cît şi rezistenţe locale, este egală cu suma dintre căderile de presiune pe porţiunile rectilinii, căderile de presiune datorite rezistenţelor locale şi presiunea hidrostatică corespunzătoare denivelării:

$$\Delta p = \frac{\gamma}{10^4}\left(\lambda \frac{l}{d}\frac{w^2}{2g} + \frac{w^2}{2g}\Sigma\xi \pm h\right) =$$

$$= \frac{\gamma}{10^4}\left[\frac{w^2}{19{,}62}\left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma\xi\right) \pm h\right] \quad [\text{kgf/cm}^2], \qquad (11.8)$$

în care h este diferenţa dintre cotele (înălţimile) conductei, la începutul şi la sîrşitul traseului, în m.

11.2. SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ [1]

Datorită condiţiilor de funcţionare foarte variate, există un număr mare de tipuri distincte de schimbătoare de căldură (tabela 11.19). Dintre acestea cele mai răspîndite sînt schimbătoarele de căldură de suprafaţă, tubulare, cu ţevi drepte.

La stabilirea caracteristicilor schimbătoarelor de căldură se porneşte de la condiţiile de funcţionare (debitele şi parametrii agenţilor termici, determinîn-

[1] Vezi şi subcapitolul 9.1.

Tabela 11.19. **Clasificarea schimbătoarelor de căldură**

Criteriul de clasificare	Tipul schimbătoarelor de căldură	Caracteristicile principale ale schimbătoarelor de căldură
1. Condițiile de transmitere a căldurii	1.1 De suprafață	Agenții termici sînt separați printr-un perete bun conducător de căldură, prin care se transmite căldura
	1.2 De amestec	Agenții termici se amestecă, fiind introduși în același spațiu, amestecul fiind însoțit de schimb de căldură
2. Starea de agregare a agenților termici	2.1 Gaze-gaze	Ambii agenți termici sînt gaze
	2.2 Gaze-vapori	Unul dintre agenții termici este gaz, celălalt vapori
	2.3 Gaze-lichid	Unul dintre agenții termici este gaz, celălalt lichid
	2.4 Vapori-vapori	Ambii agenți termici sînt vapori
	2.5 Vapori-lichid	Unul dintre agenții termici este vapori, celălalt lichid
	2.6 Lichid-lichid	Ambii agenți termici sînt lichide
	2.7 Fără schimbarea stării de agregare	Agenții termici nu își schimbă starea de agregare, la trecerea prin schimbătorul de căldură
	2.8 Cu schimbarea stării de agregare	Unul sau ambii agenți termici își schimbă starea de agregare, la trecerea prin schimbătorul de căldură
3. Natura procesului tehnologic principal	3.1 Încălzitoare	Folosite pentru ridicarea temperaturii agenților termici
	3.2 Vaporizatoare	Folosite pentru vaporizarea lichidelor
	3.3 Răcitoare	Folosite pentru reducerea temperaturii agenților termici
	3.4 Condensatoare	Folosite pentru condensarea vaporilor

Scanned with OKEN Scanner

Criteriul de clasificare	Tipul schimbătoarelor de căldură	Caracteristicile principale ale schimbătoarelor de căldură
4. Sensurile de circulaţie a agenţilor termici	4.1 Echicurent	Agenţii termici se deplasează în acelaşi sens
	4.2 Contracurent	Agenţii termici se deplasează în sensuri contrare
	4.3 Curent încrucişat	Agenţii termici se deplasează în sensuri perpendiculare
	4.4 Curent mixt	Pe diferite porţiuni ale suprafeţii de transmitere a căldurii, sensurile de circulaţie a agenţilor termici pot forma diferite combinaţii (4.1—4.3)
5. Forma suprafeţei de transmitere a căldurii	5.1 Tubulare	Suprafaţa de transmitere a căldurii este constituită din ţevi drepte
	5.2 Cu serpentină (înecat)	Suprafaţa de transmitere a căldurii este constituită din serpentine de ţevi, introduse în recipienţi
	5.3 Speciale 5.3.1 cu plăci 5.3.2 cu nervuri 5.3.3 cu aripioare 5.3.4 cu ace 5.3.5 spirale 5.3.6 fagure	Suprafaţa de transmitere a căldurii are o formă specială, corespunzătoare condiţiilor particulare de transmitere a căldurii
	5.4 Combinate	Suprafaţa de transmitere a căldurii este formată din elemente distincte, cu forme diferite (de exemplu ţevi netede şi ţevi cu nervuri)
6. Poziţia suprafeţei de transmitere a căldurii	6.1 Verticale	Elementele suprafeţei de transmitere a căldurii sînt aşezate vertical
	6.2 Orizontale	Elementele suprafeţei de transmitere a căldurii sînt aşezate orizontal
	6.3 Înclinate	Elementele suprafeţei de transmitere a căldurii sînt aşezate înclinat
7. Numărul de treceri	7.1 Cu o trecere	Agenţii termici nu-şi modifică sensul de mişcare la trecerea prin schimbătorul de căldură
	7.2 Cu mai multe treceri	Unul sau ambii agenţi termici îşi modifică sensurile de mişcare, la trecerea prin schimbătorul de căldură

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11-19 (continuare)

Criteriul de clasificare	Tipul schimbătoarelor de căldură	Caracteristicile principale ale schimbătoare lor de căldură
8. Tipul constructiv	8.1 Elementar	Schimbătorul de căldură este constituit din două țevi concentrice (tip „țeavă în țeavă"), sau din cîteva țevi închise într-o țeavă exterioară
	8.2 Cu manta	Schimbătorul de căldură este constituit dintr-un fascicol cu număr mare de țevi, închis într-o manta cilindrică
	8.3 Cu stropire	Unul dintre agenții termici curge prin stropire pe suprafața de transmitere a căldurii, fără să existe un înveliș către exterior
	8.4 Cu cămașă	Schimbătorul de căldură este atașat unui utilaj tehnologic, prevăzut cu pereți dubli, printre care circulă un agent termic
	8.5 Cu un corp	Schimbătorul de căldură este constituit dintr-un singur corp, element, manta etc.
	8.6 Cu mai multe corpuri	Schimbătorul de căldură este constituit din mai multe corpuri, elemente, mantale etc., legate în serie sau în paralel
9. Modul de compensare a dilatărilor	9.1 Rigide	Nu se pot compensa dilatările dintre suprafața de transmitere a căldurii și corpul exterior
	9.2 Elastice 9.2.1 Cu cap alunecător 9.2.2 Cu presgarnitură 9.2.3 Cu țevi în U 9.2.4 Cu compensator lenticular (burduf)	Se pot compensa, total sau parțial, dilatările dintre suprafața de transmitere a căldurii și corpul exterior
10. Materialul din care este constituită suprafața de transmitere a căldurii	10.1 Metalice	Suprafața de transmitere a căldurii este metalică
	10.2 Nemetalice	Suprafața de transmitere a căldurii este constituită din materiale nemetalice, bune conducătoare de căldură
11. Regimul termic	11.1 Regim staționar (cu acțiune continuă)	Temperaturile agenților termici, într-un sector dat, nu variază în timp
	11.2 Regim nestaționar (cu acțiune periodică)	Temperaturile agenților termici, într-un sector dat, variază în timp

Scanned with OKEN Scanner

du-se suprafața de transmitere a căldurii și secțiunile de curgere a agenților termici, astfel încît aparatul să permită realizarea fluxului de căldură necesar, cu o cădere de presiune acceptabilă. Adeseori în practică problema se pune și invers: dispunîndu-se de un schimbător de căldură cu caracteristici constructive cunoscute (suprafața de transmitere a căldurii, secțiunile de curgere) este necesar să se determine regimul de funcționare posibil (fluxul de căldură, debitele și temperaturile agenților termici etc.). De asemenea este necesar să se verifice dacă aparatul corespunde din punct de vedere a solicitărilor mecanice provocate de diferențele de presiune (la temperatura de lucru), de dilatările termice etc.

Calculul termic și hidraulic al schimbătoarelor de căldură este prezentat în paragraful 9.1.3.

La alegerea schimbătoarelor de căldură tubulare este necesar să se țină seamă și de diferența dintre temperatura mantalei și cea a fasciculului de țevi; în general, schimbătoarele de căldură rigide nu pot fi utilizate decît dacă această diferență de temperatură este mai mică decît 50 grd; la diferențe de temperatură mai mari, se folosesc schimbătoare de căldură de construcție elastică.

În tabela 11.20 se dau unele elemente pentru aprecierea comparativă din punctul de vedere al caracteristicilor de exploatare a tipurilor de schimbătoare de căldură mai răspîndite.

Tabela 11.20. **Caracteristicile de exploatare a principalelor tipuri de schimbătoare de căldură**

Tipul schimbătorului de căldură	Execuție simplă și ușoară	Posibilitate de a realiza contracurent	Viteze mari în		Curățire ușoară în		Demontare și accesibilitate ușoară
			interiorul țevilor	exteriorul țevilor	interiorul țevilor	exteriorul țevilor	
— Tubular, cu manta cu un corp							
1) cu o trecere	Parțial	Da	Parțial	Nu	Da	Parțial	Parțial
2) cu mai multe treceri	Parțial	Parțial	Da	Parțial	Da	Nu	Parțial
— Idem, cu mai multe corpuri	Parțial	Da	Parțial	Parțial	Da	Nu	Parțial
— Cu serpentină	Da	Nu	Da	Nu	Nu	Da	Da
— Special	Nu	Da	Da	Da	Nu	Nu	Nu
— Elementar	Da	Da	Da	Parțial	Da	Parțial	Da
— Cu stropire	Da	Nu	Da	—	Parțial	Da	Da
— Cu cămașă	Da	Nu	Nu[1])	Nu[1])	Nu[1])	Parțial[1])	Nu

[1]) În interiorul, respectiv în exteriorul cămășii

În tabelele 11.21—11.23 se dau dimensiunile principale recomandate pentru schimbătoarele de căldură (v. și tabelele 9.22—9.24). În general nu se folosesc în construcția schimbătoarelor de căldură țevi cu diametru interior mai mic decît 14 mm, deoarece sub această valoare influența depunerilor este mult mai puternică, iar curățirea mai dificilă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.21. **Dimensiunile principale recomandate pentru schimbătoarele de căldură tubulare, cu o trecere**

($d \times s$ = diametrul exterior × grosimea țevilor, în mm; D = diametrul mantalei, în mm; n = numărul de țevi; semnificația fracțiilor: $\frac{\text{lungimea țevilor, în mm}}{\text{suprafața efectivă, în m}^2}$)

Suprafața nominală de transmitere a căldurii S, în m²	$d \times s$	25 × 2				38 × 2,5					57 × 3,5			
	D	400	600	1000	1400	400	600	1000	1400	1800	600	1000	1400	1800
	n	93	253	745	1541	37	109	313	673	1159	43	151	313	515
	10	1500/10	—	—	—	2500/10	—	—	—	—	1500/12	—	—	—
	15	2000/14	—	—	—	4000/16	1250/16	—	—	—	2000/16	—	—	—
	20	3000/21	1000/20	—	—	5000/20	1500/19	—	—	—	2500/20	—	—	—
	30	4500/31	1500/30	—	—	7000/28	2500/32	—	—	—	4000/32	1250/54	—	—
	40	6000/42	2000/40	—	—	—	3000/39	—	—	—	5000/40	1500/40	—	—
	50	—	2500/50	—	—	—	4000/52	1500/56	—	—	6000/48	2000/54	—	—
	65	—	3500/70	—	—	—	5000/65	2000/74	—	—	7000/56	2500/68	—	—
	80	—	4000/80	1500/87	—	—	6000/78	2500/93	—	—	—	3000/81	—	—
	100	—	5000/100	2000/116	—	—	7000/91	3000/111	—	—	—	3500/95	2000/112	—
	125	—	6000/120	2500/145	—	—	—	3500/130	1500/120	—	—	4500/122	2500/140	—
	150	—	—	3000/174	—	—	—	4000/148	2000/168	—	—	6000/162	3000/168	—
	200	—	—	3500/203	1500/182	—	—	5000/185	2500/200	—	—	7000/189	3500/196	2000/186
	250	—	—	4500/261	2000/242	—	—	7000/259	3000/240	—	—	—	4500/252	3000/279
	300	—	—	5000/290	2500/303	—	—	—	3500/280	2000/276	—	—	5000/280	3500/325
	350	—	—	6000/348	3000/363	—	—	—	4500/360	2500/345	—	—	6000/336	4000/372
	400	—	—	—	3500/424	—	—	—	5000/400	3000/414	—	—	7000/392	4500/418
	500	—	—	—	4000/484	—	—	—	6000/480	3500/483	—	—	—	6000/558
	600	—	—	—	5000/605	—	—	—	7000/560	4500/621	—	—	—	7000/651
	700	—	—	—	6000/726	—	—	—	—	5000/690	—	—	—	—
	800	—	—	—	—	—	—	—	—	6000/828	—	—	—	—

Tabela 11.22. **Dimensiunile principale recomandate pentru schimbătoarele de căldură tubulare, cu mai multe treceri**

(N — numărul de treceri; $d \times s$ — diametrul exterior × grosimea țevilor, în mm; D — diametrul mantalei, în mm; n — numărul de țevi; semnificația fracțiilor: $\frac{\text{lungimea țevilor, în mm}}{\text{suprafața efectivă, în m}^2}$).

N		2						4			6		
$d \times s$		25 × 2			38 × 2,5			25 × 2					
D		600	800	1000	600	800	1000	600	800	1000	600	800	1000
n		250	462	744	98	198	320	224	432	716	234	438	720
Suprafața nominală de transmitere a căldurii, S, în mm²	10	—	—	—	1000/12	—	—	—	—	—	—	—	—
	15	—	—	—	1500/18	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	1000/20	—	—	2000/24	—	—	1250/21	—	—	1250/22	—	—
	30	1500/30	—	—	2500/30	—	—	2000/36	—	—	2000/36	—	—
	40	2000/40	1000/36	—	3500/42	1500/36	—	2500/44	—	—	2500/44	—	—
	50	2500/50	1500/54	—	4500/54	2000/48	—	3000/54	1500/51	—	3000/54	1500/51	—
	65	3500/70	2000/72	—	6000/72	2500/60	1500/57	4000/72	2000/68	—	4000/72	2000/68	—
	80	4000/80	2500/90	1250/72	—	3500/84	2000/76	5000/88	2500/86	1500/84	5000/88	2500/86	1500/84
	100	5000/100	3000/108	2000/116	—	4500/108	2500/95	6000/108	3000/102	2000/112	6000/108	3000/102	2000/112
	125	6000/120	3500/126	2500/144	—	5000/120	3500/133	—	4000/134	2500/140	—	4000/134	2500/140
	150	—	4000/144	3000/174	—	6000/144	4000/152	—	4500/153	3000/168	—	4500/153	3000/168
	200	—	5000/216	3500/203	—	7000/168	5000/190	—	6000/204	3500/196	—	6000/204	3500/196
	250	—	—	4500/261	—	—	6000/228	—	—	4500/252	—	—	4500/252
	300	—	—	5000/288	—	—	7000/266	—	—	5000/280	—	—	5000/280
	350	—	—	6000/348	—	—	—	—	—	6000/336	—	—	6000/336

Tabela 11.23. **Dimensiunile principale recomandate pentru schimbătoarele de căldură tubulare, cu cap alunecător, cu ţevi 25 × 2**

(*N* — numărul de treceri; *D* — diametrul mantalei, în mm; *n* — numărul de ţevi)

semnificaţia fracţiilor: $\frac{\text{lungimea ţevilor, în mm}}{\text{suprafaţa efectivă, în m}^2}$).

N		1			2			4			6		
D		500	700	900	500	700	900	500	700	900	500	700	900
n		93	253	459	94	250	462	80	224	432	80	234	438
Suprafaţa nominală de transmitere a căldurii, *S*, în m²	30	4500/31	—	—	4500/32	—	—	5000/30	—	—	5000/30	—	—
	40	6000/42	—	—	6000/42	—	—	6000/36	—	—	6000/36	—	—
	50	—	2500/50	—	7000/49	—	—	7000/42	3000/51	—	7000/42	3000/54	—
	65	—	3500/70	—	—	3500/70	—	—	4000/68	—	—	3500/63	—
	80	—	4000/80	—	—	4000/80	—	—	5000/85	—	—	4500/81	—
	100	—	5000/100	3000/108	—	5000/100	3000/108	—	6000/102	3000/102	—	6000/108	3000/102
	125	—	6000/120	3500/125	—	6000/120	3500/125	—	—	3500/119	—	—	3500/119
	150	—	—	4000/144	—	—	4000/144	—	—	4500/153	—	—	4500/153
	200	—	—	6000/216	—	—	6000/216	—	—	6000/240	—	—	6000/204

11.3. POMPE

11.3.1. Presiunea de refulare și puterea. Înălțimea de aspirație

Creșterea necesară a presiunii lichidului la trecerea prin pompă sau presiunea necesară H, a pompei se determină cu formula:

$$H = 10^4 \left(\frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \Delta' p \right) + (z_2 - z_1) \quad [\text{m}], \tag{11.9}$$

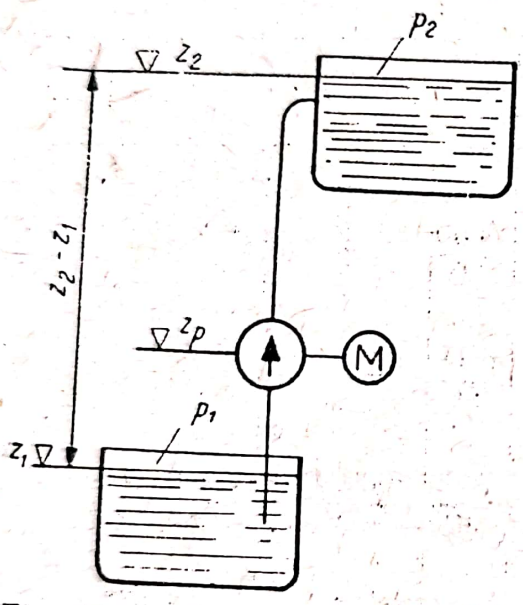


Fig. 11.5. Schema de montare a unei pompe.

în care p_1 și p_2 sînt presiunile în recipienții din care aspiră, respectiv în care refulează pompa (fig. 11.5), în kgf/cm²;

γ — greutatea specifică a lichidului, în kgf/m³

$\Delta' p$ — căderea de presiune în conductă (v. formula 11.8), în kgf/cm²;

z_1 și z_2 — nivelele lichidului (fig. 11.5) în recipienții din care aspiră, respectiv în care refulează pompa (nivelele lichidului la partea de aspirație, respectiv de refulare a traseului), în m.

Puterea necesară pentru acționarea unei pompe se calculează cu formulele:

$$P = \frac{Q\gamma H}{367\,200\,\eta} = \frac{GH}{367\,200\,\eta} \quad [\text{kW}], \tag{11.10}$$

în care Q este debitul, în m³/h;

G — debitul, în kgf/h;

η — randamentul pompei.

Dacă lichidul pompat este apa, considerîndu-se greutatea specifică medie $\gamma_{apă} = 1\,000$ kgf/m³, puterea este:

$$P = \frac{QH}{367{,}2\,\eta} \quad [\text{kW}]. \tag{11.11}$$

Valoarea randamenului depinde în deosebi de debitul pompei, de tipul acesteia și de creșterea de presiune în pompă. În tabela 11.24 sînt cuprinse valorile randamenului pompelor cele mai răspîndite, pompele centrifuge.

Tabela 11.24. **Randamentul pompelor centrifuge**

Q m^3/h	H = 10...100 m H_2O	H = 250...1600 m H_2O
	η%	
10	45—55	50—54
16	52—56	53—57
25	56—60	57—61
40	60—70	60—65
65	67—72	63—68
100	70—76	66—71
160	72—78	69—74
250	73—79	72—75
400	74—80	—
1 000	78—82	—
4 000	82—85	—
10 000	84—86	—

Tabela 11.25. **Înălțimea maximă teoretică de aspirație ($z_p - z_1$) a pompelor, în funcție de temperatura apei**

°C	0	16	20	30	40	50	60	75	80	90	100	110	120
$(z_p - z_1)$- m	6,4	6,2	5,9	5,4	4,7	3,7	2,3	0—	2—	3—	6—	11—	—17,5

Tabela 11.26. **Domeniile de utilizare ale unor pompe fabricate de uzinele Vasile Roaită, București**

Tip	Debitul Q m^3/h	Presiunea H m H_2O	Puterea P kW
SADU	2—100	8—180	0,6—75
CERNA	3—450	6—35	0,6—55
CRIȘ	3—450	4—22	0,6—28
LOTRU	5—240	10—55	1—40
KSM	30—70	44—220	10—100
OLT	45—72	470—500	100—200
BICAZ	80—250	30—47	20—55
BRATEȘ	200—4200	4—17	7—200
SIRET	390—7800	7,4—27,5	28—1000
NDS	600—2700	15—68	55—630
DUNĂREA	1260—7920	2,5—8	30—220

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.27. **Caracteristicile de funcționare ale pompelor centrifuge SADU**

Tip			Limite de utilizare				n	P	P
			Q m³/h	H m H_2O	Q m³/h	H m H_2O	rot/min	kW	kW
SADU	50	a	2	8	4	8	1500	0,6	0,6
			2	70	8	100	3000	2,8	7
	65	a	2	50	15	8	1500	1,7	1,7
			6	160	25	50	3000	14	10
		b	10	8	10	8	1500	0,6	0,6
			8	120	25	45	3000	10	10
		c	4	35	6	8	1500	1,7	0,6
			10	50	25	55	3000	4,5	10
	80	a	20	10	25	16	1500	1,7	4,5
			20	180	40	90	3000	28	20
		b	15	20	25	10	1500	1,7	2,8
			20	160	40	120	3000	28	28
		c	30	45	35	40	3000	10	10
	100	a	25	25	50	20	1500	4,5	10
			40	160	100	70	3000	55	75
		b	25	30	50	16	1500	7	7
			35	180	100	60	3000	55	55
		c	25	20	50	10	1500	4,5	7
			40	180	100	55	3000	55	55

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.28. **Caracteristicile de funcţionare ale pompelor centrifuge CERNA**

Tip			Limite de utilizare				n rot/min	P kW
			Q m³/h	H mH₂O	Q m³/h	H mH₂O		
CERNA	50	a	3 8	8 32	8 20	6 22	1500 3000	0,6 2,8
		b	8	28	12	25	3000	2,8
		c	8	25	12	23	3000	2,8
	65	a	8 10	8 35	15 30	6 28	1500 3000	1 4,5
		b	12	32	28	25	3000	4,5
		c	10 20	6 25	12 22	6 28	1500 3000	0,6 4,5
	80	a	18 35	8 32	35 70	5 22	1500 3000	1 7
		b	12 25	8 32	35 65	4 22	1500 3000	1 7
		c	18 35	6 28	28 55	5 22	1500 3000	1 7
	100	a	30 50	8 35	60 120	6 25	1500 3000	1,7 14
		b	25 50	8 32	50 120	6 22	1500 3000	1,7 14
		c	35 60	6 28	40 100	4 22	1500 3000	1,7 10
	150	a	65 140	8 35	120 220	6 28	750 1500	4,5 28
		b	90 120	6 32	100 200	6 25	750 1500	4,5 28
		c	65 120	6 28	80 180	6 22	750 1500	4,5 20
	200	a	140 140 240	8 15 35	260 300 450	6 12 28	750 1000 1500	7 14 55
		b	180 200 240	6 12 30	220 300 450	5 10 22	750 1 000 1 500	7 14 40
		c	140 140 240	6 12 28	200 260 425	5 10 20	750 1 000 1 500	4,5 10 40

Scanned with OKEN Scanner

...ționare ale pompelor centrifuge CRIȘ

Tip		Limite de utilizare				n rot/min	P kW
		Q m³/h	H mH₂O	Q m³/h	H mH₂O		
50	a	3 8	5 20	8 18	4 15	1500 3000	0,6 1,7
	b	3 8	4 18	5 15	4 15	1500 3000	0,6 1,7
	c	8	15	10	15	3000	1,7
65	a	8 15	5 22	15 30	4 15	1500 3000	0,6 2,8
	b	10 15	4 20	12 28	4 15	1500 3000	0,6 2,8
	c	20	15	20	15	3000	2,8
80	a	12 22	5 22	30 65	4 15	1500 3000	1 4,5
	b	20 30	4 18	22 50	4 15	1500 3000	1 4,5
	c	18 35	4 15	18 40	4 15	1500 3000	0,6 4,5
125	a	70	20	100	18	1500	10
	b	70	18	100	15	1500	10
	c	70	15	80	15	1500	7
150	a	80 120	5 20	120 240	4 15	750 1500	4,5 14
	b	90 120	4 18	120 200	5 15	750 1500	4,5 14
200	a	140 120 200	5 10 22	240 280 450	4 8 15	750 1000 1500	4,5 10 28
	b	160 220 200	4 8 20	180 300 425	4 6 12	750 1000 1500	4,5 10 28
	c	140 180 280	4 8 15	140 200 400	4 8 12	750 1000 1500	4,5 7 28

CRIȘ

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.30, Caracteristicile de funcționare ale pompelor centrifuge LOTRU

Tip			Limite de utilizare				n rot/min	P kW
			Q m³/h	H mH₂O	Q m³/h	H mH₂O		
LOTRU	65	a	5 15	12 52	18 45	10 35	1 500 3 000	1,7 10
		b	10 15	10 45	12 40	12 35	1 500 3 000	1 7
		c	5 12	10 40	15 30	8 35	1 500 3 000	1 7
	80	a	22 20	12 55	30 60	10 40	1500 3000	1,7 14
		b	15 20	12 52	25 55	10 40	1500 3000	1,7 14
		c	20 35	10 45	22 50	10 40	1500 3000	1 10
	100	a	35 35	12 55	60 120	10 38	1500 3000	2,8 20
		b	28 50	12 50	60 100	8 40	1500 3000	2,8 20
		c	35 60	10 42	55 100	8 35	1500 3000	1,7 14
	125	a	55 80 90	5 12 55	75 120 240	5 8 42	1000 1500 3000	1,7 4,5 40
		b	40 55 90	5 12 52	75 100 220	4 10 38	1000 1500 3000	1,7 4,5 40
		c	40 65 120	4 10 42	60 100 220	4 8 30	1000 1500 3000	1,7 4,5 28

Scanned with OKEN Scanner

Înălțimea maximă de aspirație ($z_p - z_1$) a pompelor (fig. 11.5) depinde de natura și de temperatura lichidului aspirat. Pentru evitarea cavitației, înălțimea teoretică de aspirație a pompelor centrifuge pentru apă trebuie să nu depășească valorile date în tabela 11.25; dacă temperatura apei depășește 75°C, pompele trebuie montate înecat (sub nivelul apei din rezervorul din care se aspiră), sau trebuie alimentate sub o presiune corespunzătoare. Înălțimea maximă reală de aspirație se obține scăzîndu-se din înălțimea teoretică, căderea de presiune de pe conducta de aspirație.

11.3.2. Tipuri de pompe [1])

În R.P.R. se fabrică pompele indicate în tabela 11.26. La pompele centrifuge se pot obține caracteristici de funcționare diferite, modificîndu-se turația și folosindu-se rotoare cu diametre diferite (rotoare a, b, sau c).

Pompele din seria SADU (tabela 11.27) sînt pompe multietajate (pînă la 15 trepte), pentru lichide curate, cu temperaturi pînă la 105°C. În simbolul tipului pompei, numărul care urmează cuvîntului SADU indică diametrul racordului de aspirație, în mm, iar litera mică (a, b sau c) rotorul folosit.

Pompele din seria CERNA-CRIȘ-LOTRU (tabelele 11.28—11.30) sînt pompe monoetajate, cu racord de aspirație axial, pentru lichide curate cu temperaturi pînă la 105°C; pot fi adaptate pentru lichide petroliere cu temperaturi pînă la 130°C. Modul de simbolizare este același ca și la pompele SADU.

Pompele KSM (tabela 11.31) sînt pompe multietajate (maximum 10 trepte) pentru apă curată îșî alte lichide necorosive, cu temperatură maximă de 25°C și viscozitate de maximum 6°E. Ele pot fi utilizate și pentru apă cu temperatura pînă la 90°C, în care caz axul pompei trebuie plasat la cel puțin 5 m sub nivelul apei din bazinul de aspirație.

Pompele OLT (tabela 11.32) sînt pompe multietajate (maximum 10 trepte) pentru lichide curate și produse petroliere, cu temperatura pînă la 130°C.

Pompele BICAZ (tabela 11.33) sînt construite pentru transportul lichidelor abrazive.

Pompele BRATEȘ (tabela 11.34) sînt pompe monoetajate, pentru apă curată și alte lichide necorosive, cu temperatura pînă la 100°C.

Pompele SIRET și NDS (tabela 11.35) sînt pompe cu dublu flux, pentru apă și alte lichide curate, necorosive, cu temperatura pînă la 100°C.

Pompele DUNĂREA (tabela 11.35) sînt pompe axiale, cu axul orizontal sau vertical (DUNĂREA V) pentru apă (folosite în deosebi la irigații și desecări).

Pompele DUPLEX — APD 1 (tabela 11.36) sînt pompe cu piston, pentru lichide curate, fără impurități sau particule în suspensie, cu viscozitate de maximum 30°E la temperatura de lucru. Tipul APD 1—R poate fi utilizat pentru pomparea apei cu temperatura de maximum 35°C, iar tipul APD 1—C, pentru apă și produse petroliere cu temperatura maximă de 120°C.

Pompele cu roți dințate DL (tabela 11.37) se folosesc pentru pomparea lichidelor unguente fără particule solide sau alte impurități în suspensie, cu viscozitate de 2—20° E la temperatura de lucru și cu temperatura maximă de 80°C.

---

[1]) Pentru pompele de fabricație sovietică v. B [9] și B. [10].

Tabela 11.31. Caracteristicile de funcționare ale pompelor centrifuge KSM

Tip	Q m³/h	H_{min} mH₂O	H_{max} mH₂O	n rot/min	P_{min} kW	P_{max} kW
40	30				10	55
KSM 50	50	44	220	1500	14	75
70	70				20	100

Tabela 11.32. Caracteristicile de funcționare ale pompelor centrifuge OLT

Tip	Q m³/h	Nr. maxim de trepte	H/treaptă mH₂O	H_{max} mH₂O	n rot/min	P kW
80	45		50	500		100
OLT		10			3000	
100	72		47	470		200

Tabela 11.33. Caracteristicile de funcționare ale pompelor centrifuge BICAZ

Tip	Q m³/h	H mH₂O	n rot/min	P kW
125 a	80	30		20
BICAZ 150	100	47	1500	40
200	250	30		55

Tabela 11.34. Caracteristicile de funcționare ale pompelor centrifuge BRATEȘ

Tip			Q m³/h	H m H_2O	Q m³/h	H m H_2O	n rot/min	P kW
BRATEȘ	250	a	200 500	8 16	500 800	5 12	1000 1500	14 40
		b	200 400	7 14	500 700	4 12	1000 1500	10 40
		c	200 300	6 14	400 700	4 10	1000 1500	7 28
	350	a	600 800	9 17	1000 1400	7 14	750 1000	28 75
		b	500 800	8 15	1000 1400	6 11	750 1000	28 55
		c	500 800	7 13	1000 1400	5 9	750 1000	22 55
		d	500 800	6 11	1000 1200	4 9	750 1000	22 40
	500	a	1600 1800	10 17	2400 2800	7 13	600 750	80 130
		b	1600 1800	9 16	2200 2600	7 12	600 750	80 130
		c	1600 2000	8 14	2200 2400	5 12	600 750	55 110
		d	1600	7	2000	5	600	45
		e	1600	6	2000	4	600	40
	600	a	2200 2200	11 17	3400 4200	7 10	500 750	100 200
		b	2200 2600	10 15	3200 4000	7 9	500 750	100 200
		c	2200 3000	9 12	3000 3800	7 9	500 750	100 140
		d	2600 2800	7 11	2800 3600	6 8	500 750	65 120
		e	2600	6	2800	5	500	50

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.35. **Caracteristicile de funcţionare ale pompelor centrifuge SIRET, NDS şi DUNĂREA**

Tip		Q m³/h	H mH₂O	Q m³/h	H mH₂O	n rot/min	P kW	
SIRET	400	390	11,5	720	7,4	950	28	
		600	27,5	1100	17,5	1450	75	
	400 M	820	8,5	—	—	950	28	
		1250	20	—	—	1450	100	
	900	3000	11,8	5250	12,3	490	150	320
		3600	16,5	6250	17,4	585	250	440
		4450	26	7800	27	730	500	1000
12 NDS	a	650	30	1000	24	960	75	100
		1080	68	1260	64	1450	320	
	b	600	27	900	22	960	75	
		900	60	1260	54	1450	220	250
	c	720	21	900	18	960	55	75
		900	51	1260	44	1450	160	220
18 NDS	a	1100	18,5	1400	16,5	490	100	
		1300	26,6	1700	23,2	590	160	
		1650	41	2100	36,5	730	320	
	b	1100	17	1400	15	490	80	
		1300	24,4	1700	21,5	590	160	
		1650	37,5	2100	33	730	250	
		2150	64	2700	57	960	630	
DUNĂREA	450 V	1260	4,5	2160	2,5	750	30	
	450	1620	8	2880	5	1000	75	
	750 V	4680	8	7920	5,5	600	220	

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.36. **Caracteristicile de funcționare ale pompelor DUPLEX-AP D 1**

p	kgf/cm²	6	12	18	24	30
Q_{min}	m³/h	7,2	7,1	7	6,9	6,8
Q_{max}	m³/h	40,3	39,6	38,9	38,2	37,8

Tabela 11.37. **Caracteristicile de funcționare ale pompelor cu roți dințate DL**

Tip		Q l/min	p kgf/cm²	Q l/min	p kgf/cm²	n rot/min	P kW	
DL	1	10,2 15,8	2	7,6 12,3	16	960 1450	0,6	1
	2	12 18,6		9,2 14,2		960 1450		1,7
	3	22,4 35		17,9 25,9		960 1450	1	2,8
	4	27,1 42		20,5 31		960 1450	1,7	4,5
	5	50 74,5		38 59		960 1450	1 1,7	2,8 4,5
	6	61 94		48 76		960 1450	2,8	7 10
	7	110 165		88 133		960 1450	4,5	7 10
	8	131 205		108 170		960 1450	7	10
	9	250 355		222 320	10	960 1450	4,5 7	7 10
	10	295 425		265 382		960 1450	7	14
	11	490 750		440 675		960 1450	4,5	20
	12	590 890		535 800		960 1450	7	14 28

11.3.3. Exploatarea pompelor

Pompele centrifuge se pornesc cu robinetul de pe conducta de refulare închis, iar pompele axiale cu robinetul de pe conducta de refulare deschis. Înainte de pornire este necesară umplerea pompei:

— La pompele înecate se deschid robinetul de pe conducta de aspirație și robinetele de aerisire; ultimele se mențin deschise numai pînă cînd prin ele începe să iasă apă.

— La pompele plasate deasupra nivelului apei din rezervorul de aspirație și prevăzute cu clapete de reținere pe conducta de aspirație, umplerea se face dintr-o conductă aflată sub presiune (de exemplu rețeaua de apă potabilă) sau o pompă auxiliară (de exemplu o pompă de mînă, cu clapete), după deschiderea robinetelor de aerisire.

— La pompele plasate deasupra nivelului apei din rezervorul de aspirație și care nu sînt prevăzute cu clapete de reținere pe conducta de aspirație, umplerea se face prin producerea vidului pe partea de aspirație (de exemplu cu ejectoare).

După umplere se pune în funcțiune motorul de acționare, deschizîndu-se apoi încet robinetul de refulare. La pompele de debit mare se deschide în prealabil robinetul de pe conducta de derivație.

Atît la pornire (la deschiderea robinetului de refulare) cît și după aceasta, se va evita funcționarea în regim instabil (regim de pompaj) în care se produc lovituri de berbec care pot deteriora pompa.

Pentru scoaterea din funcțiune a pompelor se închide mai întîi robinetul de pe conducta de refulare, și apoi se oprește motorul de acționare.

11.4. VENTILATOARE

11.4.1. Presiunea și puterea

Creșterea necesară de presiune a gazului la trecerea prin ventilator sau puterea necesară H a ventilatorului se determină cu formula:

$$H = 10^4 (p_2 - p_1 + \Delta p) + \gamma (z_2 - z_1) \text{ [mH}_2\text{O]}, \qquad (11.12)$$

în care p_1 și p_2 sînt presiunile la capetele conductelor de aspirație, respectiv de refulare, în kgf/cm²;

Δ_p — căderea de presiune în conductă (v. formula 11.8), în kgf/cm²;

γ — greutatea specifică medie a gazului, între extremitățile conductelor de aspirație și refulare, în kgf/m³;

z_1 și z_2 — nivelele (cotele) capetelor conductelor de aspirație, respectiv refulare, în m (v. și fig. 11.5).

Puterea necesară pentru acționarea ventilatorului:

$$P = \frac{VH}{367\,200\,\eta} \text{ [kW]}, \qquad (11.13)$$

în care: V este debitul de gaze, în m³/h;

η — randamentul ventilatorului.

Tabela 11.38. Caracteristicile de funcționare ale ventilatoarelor centrifuge de joasă presiune produse de Uzinele Armătura-București

Nr.	n rot/min	Q m³/h	H mm H_2O	P kW
25	1000—1400	540— 1 380	7—20	0,1 —0,15
	1500—1900	780— 1 500	13—36	0,15—0,3
30	900—1400	840— 2 040	6—28	0,1 —0,3
	1500—1900	1 440— 2 700	18—51	0,3 —0,8
35	800—1300	1 260— 2 940	7—26	0,1 —0,5
	1400—1900	2 100— 4 080	21—53	0,5 —1,1
40	800—1200	1 860— 4 200	8—33	0,2 —0,8
	1300—1600	3 000— 5 520	22—60	0,6 —1,6
45	650—1000	2 160— 5 040	9—28	0,2 —0,8
	1100—1400	3 720— 7 080	20—57	0,8 —2
50	650—1000	3 360— 7 800	10—42	0,3 —1,5
	1100—1300	5 760—10 080	29—78	1,5 —3
55	600— 900	4 090— 9 360	10—39	0,4 —1,6
	950—1200	6 540—12 360	25—73	1,5 —3,5
60	600— 900	5 280—11 940	11—48	0,6 —2,5
	950—1200	8 400—15 780	29—81	2,2 —5
65	500— 750	5 760—12 720	9—37	0,5 —2
	800—1000	9 120—16 800	34—73	2 —4,5
70	500— 750	7 440—16 760	12—46	0,8 —3,5
	800—1000	12 000—23 720	29—92	3 —8,5
75	400— 650	7 560—17 520	8—39	0,6 —3
	700— 950	13 200—25 800	24—85	3 —8
80	400— 650	9 600—22 800	10—49	1 —4,5
	700— 950	16 800—33 000	30—105	4,7 —13
85	300— 550	8 340—22 860	6—20	0,6 —4
	600— 800	16 860—33 300	24—80	4 —10,5
95	300— 500	11 580—28 800	8—38	1 —4,5
	550— 750	21 000—43 200	25—87	5 —14
105	250— 450	13 800—36 000	7—39	0,8 —6
	500— 700	27 300—56 400	26—94	6,5 —19
115	250— 400	18 000—42 000	8—35	1,5 —6,5
	450— 600	32 100—62 700	24—81	7 —20

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 11.39. Caracteristicile de funcționare ale ventilatoarelor centrifuge de joasă presiune ICMA

H mm H_2O	20			60			100		
Nr.	n rot/min	Q m³/h	P kW	n rot/min	Q m³/h	P kW	n rot/min	Q m³/h	P kW
3	1540	1 250	0,8	2650	2 200	1	3430	2 800	2,2
4	1160	2 200		2000	3 850	1,7	2580	3 000	3
5	930	3 500		1600	6 000	2,8	2050	8 000	7
6	770	5 000		1320	8 800	4,5	1700	11 500	7,5
7	670	7 000	1,1	1140	12 000		1470	15 500	10
8	580	9 000		990	15 500		1280	20 000	14
9	520	11 400	1,5	890	19 500	7	1150	25 500	20
10	460	14 000	2,2	790	24 500	10	1020	31 800	
11	420	17 000		730	29 500		930	38 000	28
12	390	20 000	3	660	35 000	14	860	45 000	
14	330	27 500	4	570	48 000	20	730	62 000	40
16	290	36 500	5,5	500	63 000	28	640	82 000	55
18	260	45 000		440	80 000		570	102 000	75

Tabela 11.40. Caracteristicile de funcționare ale ventilatoarelor centrifuge de medie presiune ICMA

H mm H_2O	200		250		300		n rot/min
Q m³/h	Simbol	P kW	Simbol	P kW	Simbol	P kW	
2 000	T. 21	4,5	T. 23	4,5	T. 25	7,5	3000
4 000	T. 41	7,5	T. 43	10	T. 45	10	1500
6 000	T. 61	10	T. 63	14	T. 65	20	
8 000	T. 81	14	T. 83	20	T. 85		
10 000	T.101	20	T.103	28	T.105	28	
12 500	T.121	28	T.123		T.125	40	
15 000	T.151		T.153	40	T.155		1000
17 500	T.171	40	T.173		T.175	55	
20 000	T.201		T.203	55	T.205		
24 000	T.241	55	T.243		T.245	75	
28 000	T.281		T.283	75	T.285		
32 000	T.321		T.323		T.325		

Tabela 11.41. **Caracteristicile de funcționare ale ventilatoarelor axiale ICMA**

Q m³/h	H mm H_2O	n rot/min	P kW	Tip
500— 1 500	6— 4	1500	0,6	VTD 3
1 000— 4 000	10— 4			VTD 4
3 000— 9 000	17— 9		1	VTD 5
6 000— 12 000	22—16		1,7	VTD 6
10 000— 16 000	27—22		2,8	VTD 7
16 000— 28 000	35—30		4,5	4 A 8
22 000— 32 000	46—24	1000	7	4 A 9
32 000— 48 000	37—25			6 A 12
52 000— 72 000	47—30		14	6 A 14
50 000— 90 000	70—45		28	6 A 16
85 000—100 000	25—18	600	14	6 B 18

Randamentul depinde de mărimea și de tipul ventilatorului; ca valori obișnuite, se pot considera:

exhaustoare medii	55—65%;
ventilatoare mici	40—60%;
ventilatoare mijlocii	65—75%;
ventilatoare mari	≤85%.

11.4.2. Tipuri de ventilatoare

În R.P.R. ventilatoarele speciale, destinate anumitor agregate tehnologice (de exemplu ventilatoarele cazanelor de abur), se execută în general de către uzinele care construiesc și agregatele respective. Majoritatea ventilatoarelor de uz general se construiesc în două întreprinderi specializate (v. tabelele 11.38—11.41).

Scanned with OKEN Scanner

XII

INSTALAȚII DE AER COMPRIMAT

Aerul comprimat, fiind un purtător de energie care se caracterizează prin securitate și suplețe de folosire la un mare număr de operații, precum și prin ușurința cu care poate fi transportat, se utilizează pe scară tot mai mare pentru mecanizarea și automatizarea proceselor de producție, care stau la baza tehnicii noi de creștere a productivității muncii, de reducere a efortului fizic al muncitorilor și de scădere a prețului de cost al producției.

12.1 ELEMENTELE COMPONENTE ALE INSTALAȚIILOR CU AER COMPRIMAT

Instalațiile industriale de aer comprimat se compun din: unul sau mai multe compresoare, cuplate cu motoare de antrenare corespunzătoare prevăzute cu dispozitive de pornire; conducte de aspirație a aerului și filtre pentru curățirea aerului de impurități mecanice; răcitoare de aer; filtre și răcitoare de ulei; separatoare de ulei și de apă; rezervoare colectoare de aer comprimat; rețele de conducte pentru transportul și distribuția aerului comprimat la locurile de consum și aparate de măsurare și control.

Rezervoarele colectoare de aer, servesc la atenuarea pulsațiilor provocate de compresoarele cu piston și ca acumulatoare de aer comprimat, în special în cazurile în care este necesar să se facă față unor variații mari în consumul de aer. De aceea în instalațiile de aer comprimat cu turbocompresoare de obicei nu se montează rezervoare colectoare de aer, deoarece debitul acestor compresoare este practic uniform.

La aceste instalații nu se folosesc nici separatoare de ulei, deoarece aerul este comprimat fără să ajungă în contact cu uleiul.

În cazul instalațiilor de aer comprimat cu compresoare rotative, între compresoare și rezervoarele colectoare de aer se montează supape de reținere, care servesc la preîntîmpinarea deplasării aerului din rețelele de conducte în compresoare, după oprirea acestora din urmă.

Scanned with OKEN Scanner

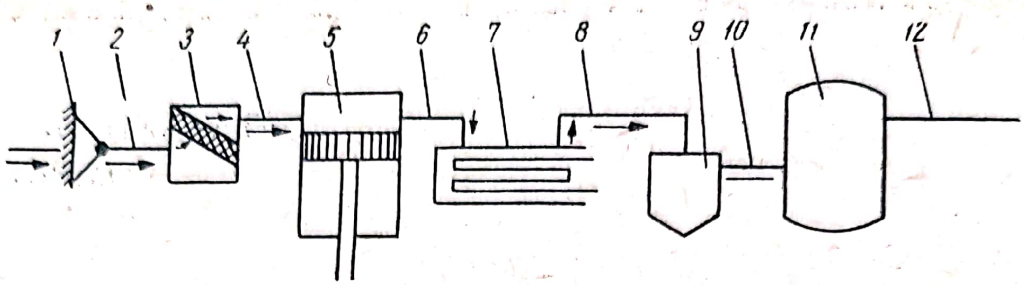


Fig. 12.1. Schema de principiu a unei instalații simple de aer comprimat, cu un compresor cu piston:

1 — receptor de aer atmosferic; *2* — conductă de aer; *3* — filtru; *4* — conductă aspiratoare; *5* — compresor cu piston; *6* — conductă de refulare; *7* — răcitor de aer; *8* — conductă de refulare; *9* — separator de ulei și de apă; *10* — conductă de refulare; *11* — colector de aer; *12* — conductă magistrală.

În fig. 12.1 este reprezentată schema de principiu a unei instalații simple de aer comprimat, dotată cu un compresor cu piston.

12.2. COMPRESOARE

Pot fi numite compresoare toate mașinile în care aerul sau un alt mediu gazos este supus la compresiune. S-a adoptat însă termenul de *compresoare* numai pentru mașinile, la care raportul dintre presiunile finală și inițială este mai mare decît 2,5 $\left(\varepsilon = \frac{p_f}{p_i} > 2{,}5\right)$. Mașinile cu raportul dintre presiunile finală și inițială $2{,}5 > \varepsilon > 1{,}1$, care nu posedă dispozitive de răcire a gazelor în procesul de comprimare a lor, se numesc *suflante*.

Mașinile cu raportul dintre presiunile finală și inițială $\varepsilon < 1{,}1$ se numesc *ventilatoare*; la comprimarea aerului atmosferic presiunea maximă dată de ventilatoare este de aproximativ 1 000 mm H_2O.

Mașinile care funcționează cu presiunea de admisie mai mică decît presiunea atmosferică și cu presiunea de refulare puțin mai mare decît presiunea atmosferică, se numesc *pompe de vid*.

12.2.1. Clasificarea compresoarelor

În fig. 12.2 este dată clasificarea generală a compresoarelor.

Compresoarele cu piston, la rîndul lor, după cum se realizează presiunea — la o singură extremitate a cilindrului sau la ambele lui extremități — se subîmpart în compresoare cu simplu efect și compresoare cu dublu efect, iar după poziția elementelor de comprimare — în compresoare verticale, orizontale și înclinate.

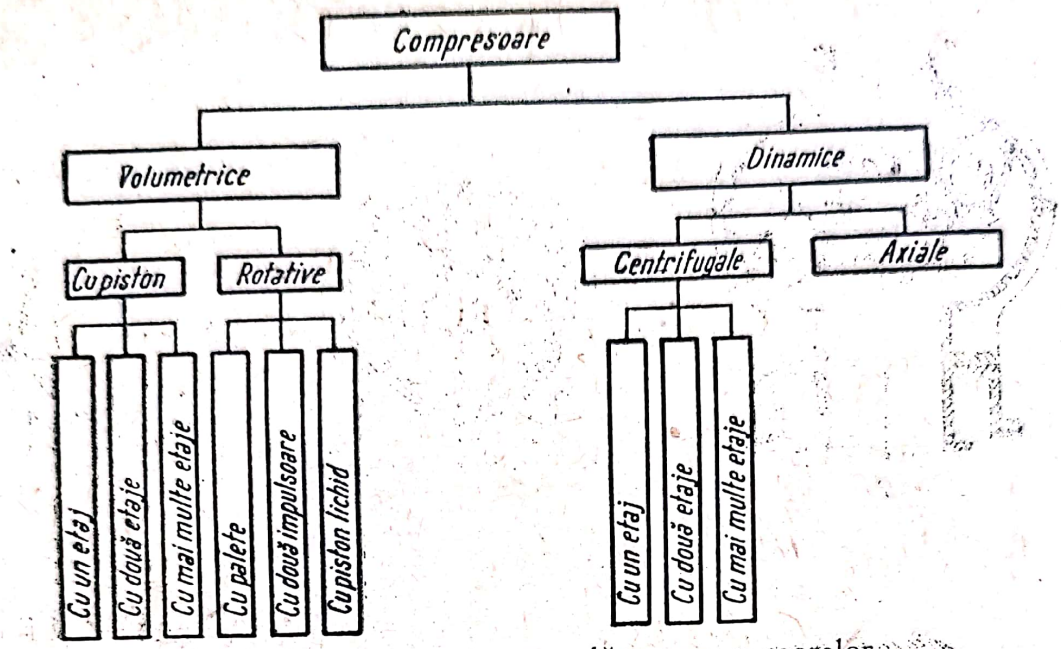


Fig. 12.2. Clasificarea generală a compresoarelor.

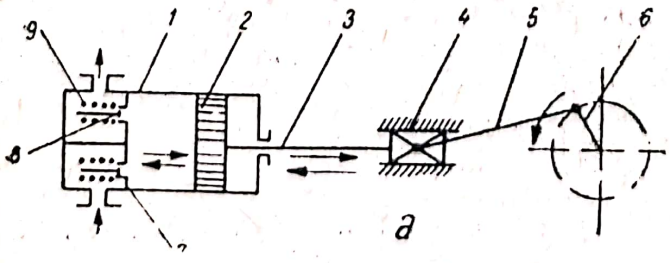
Compresoarele cu piston și cele rotative se mai pot subîmpărți în: *stabile* (fixe), *semistabile* și *mobile*.

Atît compresoarele semistabile, cît și cele mobile se construiesc sub forma unor instalații de aer comprimat independente.

12.2.2. Principiile de funcționare a compresoarelor

În fig. 12.3 sînt reprezentate schemele de principiu ale diferitelor tipuri de compresoare.

Principiul de funcționare al unui compresor volumetric (fig. 12.3, *a*, *b*, *c*, *d*) constă în aceea că volume succesive de aer sau de alte medii gazoase sînt introduse într-un spa-



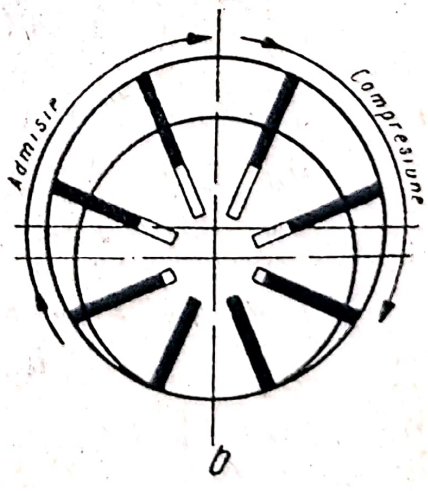


Fig. 12.3. Scheme de principiu ale diferitelor tipuri de compresoare:
a — compresoare cu piston, cu un singur etaj, cu simplu efect; *1* — cilindru; *2* — piston; *3* — tijă; *4* — cap de cruce; *5* — bielă; *6* — manivelă; *7* — supapă de aspirație; *8* — supapă de refulare; *9* — arc; *b* — compresor rotativ (pompe de vid) de tipul cu palete culisante;

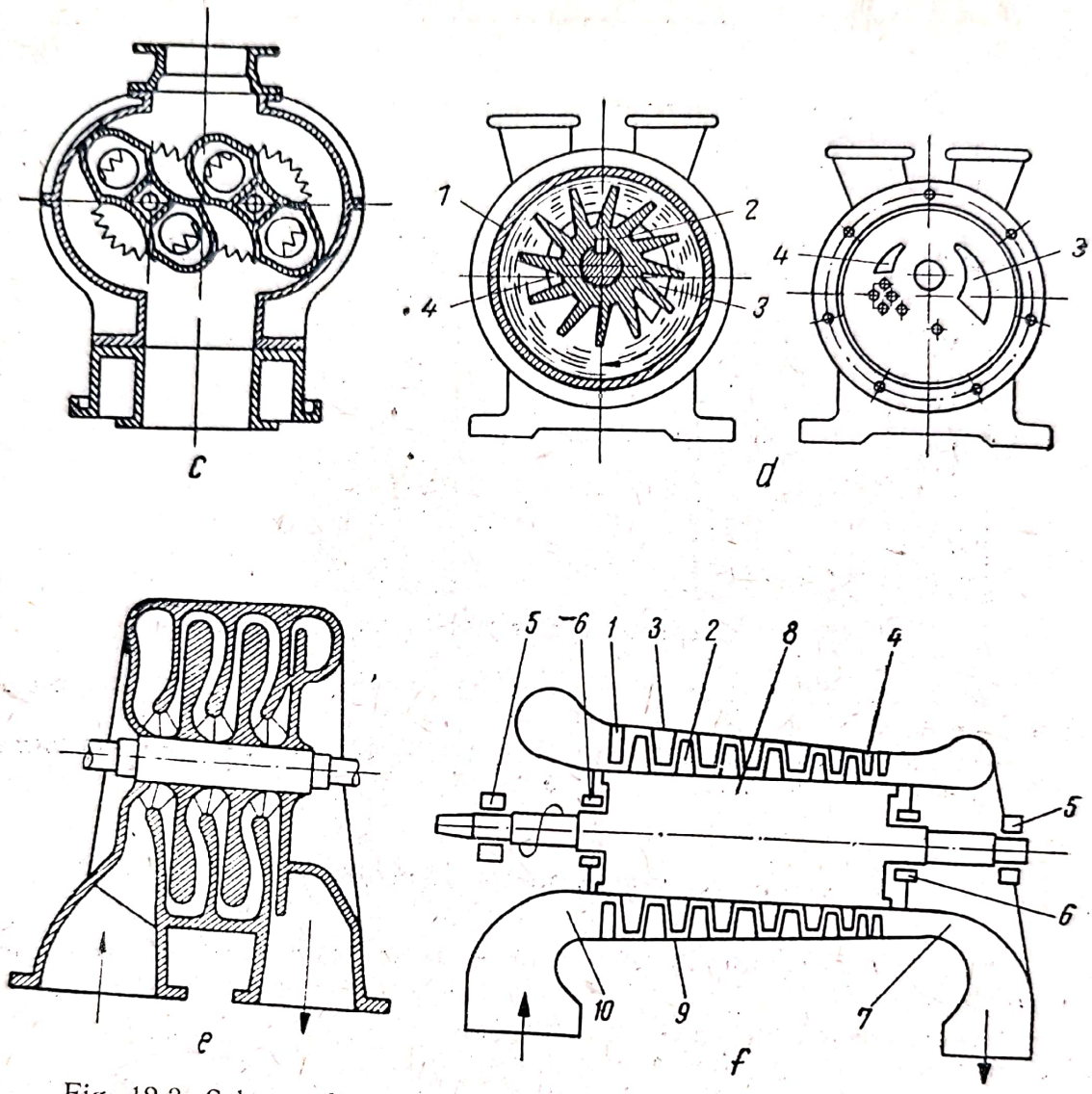


Fig. 12.3. Scheme de principiu ale diferitelor tipuri de compresoare:

c — compresor (pompă de vid) volumetric rotativ, cu două impulsoare; *d* — compresor (pompă de vid) rotativ cu piston lichid; *e* — compresor centrifugal cu mai multe etaje, cu flux simplu, fără răcire; *f* — compresor axial cu mai multe trepte; *1* — dispozitiv de ghidare; *2* — impulsor; *3* — dispozitiv de ghidare; *4* — dispozitiv de redresare; *5* — lagăre; *6* — garnituri; *7* — difuzor; *8* — rotor; *9* — carcasă; *10* — confuzor (difuzor convergent).

țiu închis în a cărui interior crește presiunea ca urmare a scăderii volumului spațiului respectiv.

Principiul de funcționare a compresoarelor rotative (fig. 12. 3, *e* și *f*) constă în aceea că aerul sau alt mediu gazos este comprimat prin acțiunea dinamică a unor palete sau impulsoare rotative care comunică o anumită viteză și o anumită presiune mediului gazos respectiv.

12.2.3. Domeniile de utilizare a compresoarelor

Domeniile de utilizare a principalelor tipuri de compresoare se indică în fig. 12.4.

În întreprinderile industriale se folosesc cel mai mult compresoarele de aer cu piston, stabile, cu unul și cu două etaje de compresiune, cu debitul pînă la 100 m^3/min și cu presiunea finală a aerului comprimat pînă la 8 kgf/cm^2.

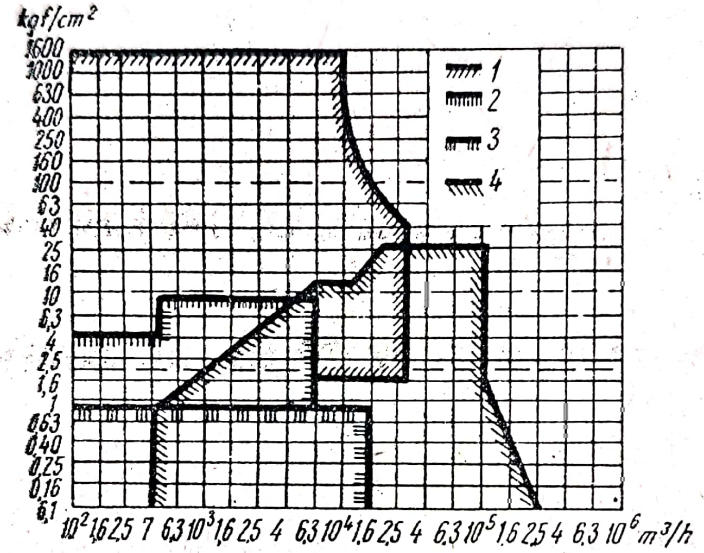


Fig. 12.4. Domeniile de utilizare a principalelor tipuri de compresoare:

1 — compresoare cu piston; *2* — compresoare rotative; *3* — suflante (rotative); *4* — compresoare centrifugale și axiale.

Compresoarele (inclusiv pompele de vid) rotative se folosesc mai mult în industria chimică, în oțelării, în industria alimentară, în laboratoarele de cercetări speciale etc.

Compresoatele centrifugale și axiale, cu turație mare, sînt deosebit de avantajoase pentru cazurile în care sînt necesare debite mari de aer, la presiuni foarte variate. Ele sînt folosite mai ales pentru alimentarea cu aer și extragerea gazelor la furnale, convertizoarele Bessemer, generatoarele de gaze, convertizoarele de cupru și de nichel, cuptoarele de cocs etc. În ultimii ani ele au început să fie folosite din ce în ce mai mult și în industria petrolului și a gazelor naturale, precum și în serviciile generale ale uzinelor.

12.2.4. Compresoare fabricate în R.P.R.

În tabela 12.1 sînt cuprinse caracteristicile principale ale unor compresoare fabricate în R.P.R.

Tabela 12.1. **Caracteristicile principale ale unor compresoare fabricate în R.P.R.**

1. Compresor de aer tip	1V 15/7	2V 30/7	3V 45/7	C9	MC9	C6	C4	5M C4	2A-320	U.P.-23-07-A	Ec. 240	C 105	V.T.-101 auto	V.T.-102 stabil
2. Debitul aerului aspirat Nm^3/min	15	30	45	9	9	6	4	4	2,5	0,75	0,24	0,105	0,050	0,035
3. Presiunea finală de refulare, kgf/cm^2	7	7	7	7	7	7	6	6	10	10	10	6	9—10	10
4. Numărul de etaje de compresiune, (în același corp-cilindri diferiți)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5. Numărul cilindrilor diferențiali	1	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2
6. Puterea nominală a motorului, kW	100	200	300	65	65	45**)	28***)	26	24	12,5	2,8	1,55		
7. Tensiunea nominală a motorului electric, V	380	380	6000	motor termic	motor termic									
8. Turația compresorului, rot/min	300	300	300	1000	1000	1000	1200	1200	1060	500	1000	1400	1200	1200
9. Greutatea totală, cu motor, kgf	3512	5658			3700			2850	790	704	52			
10. Lungimea compresorului cuplat cu motorul, mm					3800*)					1750				
11. Lățimea compresorului cu motor, mm										870				
12. Înălțimea compresorului cu motor, mm										1000				

*) Lungimea motocompresorului fără protap.
**) Cu motor electric sau termic.
***) Compresorul $n = 1\,200$ rot/min cuplat prin curea trapezoidală cu motor electric ($n = 1\,450$).

Scanned with OKEN Scanner

12.3. EXPLOATAREA INSTALAȚIILOR DE AER COMPRIMAT

Orice instalație de aer comprimat trebuie să satisfacă continuu toate cerințele de aer ale întreprinderii pe care o deservește, cum și toate prevederile din normativele, prescripțiile și instrucțiunile legale în vigoare, cu privire la construcția, întreținerea, reparația, tehnica securității și paza contra incendiilor. Ținîndu-se seamă de toate acestea și de instrucțiunile uzinelor constructoare trebuie să se elaboreze pentru fiecare instalație instrucțiuni locale de exploatare și să se organizeze un control sistematic asupra respectării lor.

Instrucțiunile locale trebuie să fie revizuite și completate în toate cazurile în care intervin modificări, perfecționări sau completări la instalația respectivă.

La elaborarea instrucțiunilor de exploatare cum și la revizuirea sau completarea celor existente, este necesar să se aibă în vedere asigurarea:

— consumurilor specifice minime de energie, apă și ulei la fiecare compresor;

— distribuției celei mai economice a sarcinii între compresoare, acestea funcționînd la un regim cît mai apropiat de cel optim;

— reducerii la minimum a pierderilor de aer comprimat în rețelele de transport și de distribuție, cum și în utilajele consumatoare;

— funcționării utilajelor consumatoare de aer comprimat în condițiile tehnico-economice optime.

Pentru asigurarea unei exploatări corespunzătoare trebuie să se organizeze:

— un control sistematic asupra funcționării în condiții tehnico-economice optime a tuturor părților componente ale instalației de aer comprimat și a tuturor utilajelor tehnologice utilizatoare;

— executarea reviziilor și reparațiilor necesare la termenele planificate;

— aplicarea fără întîrzieri a tuturor măsurilor de îmbunătățirea schemei și exploatării întregii gospodării a aerului comprimat.

Metoda cea mai cuprinzătoare, de punere în evidență a măsurilor de aplicat pentru ameliorarea gospodăriei de aer comprimat, constă în întocmirea de bilanțuri energetice ale acestei gospodării așa cum se arată la cap. 18.

Un rol deosebit de important în buna funcționare a compresoarelor îl joacă ungerea elementelor aflate în frecare, în special a cilindrilor și lagărelor.

Pentru realizarea unei ungeri bune este necesar să se folosească pentru fiecare caz lubrifiantul corespunzător, prescris de uzinele constructoare respective. În cazurile în care nu se cunosc lubrifianții prescriși se pot folosi lubrifianții din tabela 12.2 recomandați de Institutul de cercetări petroliere [1]).

Cantitățile de lubrifianți consumate pentru ungerea compresoarelor, variază foarte mult, ele depinzînd de construcția și exploatarea compresoarelor, cum și de condițiile de gospodărire a lubrifianților. În tabelele 12.3 și 12.4 sînt trecute unele date aproximative privind consumurile de uleiuri pentru ungerea compresoarelor.

12.4. DEFECTELE COMPRESOARELOR DE AER CU PISTON ȘI REMEDIEREA LOR

În tabela 12.5 sînt indicate defectele mai des întîlnite la compresoarele cu piston, cauzele care le dau naștere și măsurile de remediere.

[1]) „Instrucțiunile de tehnica ungerii“ elaborate de Institutul de cercetări petroliere.

Tabela 12.2. **Lubrifianții recomandați pentru compresoare**

Locul de ungere	Lubrifiantul recomandat		Lubrifiantul înlocuitor	
	simbol	STAS	simbol	STAS
Compresoare de toate felurile, cu supapele demontate pentru rodaj	405	751-49	408	751-49
1. *Compresoare stabile* Compresoare mici de aer cu debitul de pînă la 4 m^3/min	305	1195-50	205	1188-50
Compresoare de aer cu unul sau mai multe etaje, cu temperatura finală de pînă la 120°C, cilindri și lagăre	309	1196-50	209	1189-50
Idem, cu temperatura finală pînă la 150°C	312	1197-50	212	1190-50
Compresoare tip Stoicescu Reșița	316	1198-50	216	1191-50
Lagăre prin sistem de circulație	309	1196-50	209	1189-50
Idem, pînă la temperatura aerului comprimat de peste 150°C, cilindri	316	1198-50	216	1191-50
Lagăre prin sistem de circulație	309	1196-50	209	1189-50
Compresoare de gaze de sondă, cu aparate de ungere prin presiune mecanică cilindri	ulei de rapiță suflat			
Lagăre prin sistem de circulație	309	1196-50	209	1189-50
Compresoare de acid carbonic — vezi compresoare de aer				
Compresoare de bioxid de sulf: — cilindri — lagăre	uz extern ulei de vaselină 309	1093-50 1196-50	ulei de vazelină tehnic 209	1094-50 1189-50
Compresoare de oxigen — cilindri	apă distilată			
— lagăre	309	1196-50	209	1189-50

Tabela 12.3. **Consumurile de ulei pentru ungerea pieselor în frecare de la mecanismul de mișcare a compresorului**

Capacitatea carterului, kgf	Consumul pe 8 h, gf	Capacitatea carterului kgf	Consumul pe 8 h gf	Capacitatea carterului, kgf	Consum. pe 8 h gf
5—10	14	60—70	8,3	300—400	3
10—15	12	70—80	8	400—500	2,5
15—20	10	80—90	7,5	500—600	2,3
20—30	10	90—100	7	600—700	2,2
30—40	9	100—150	6	700—800	2,1
40—50	9	150—200	5	800—900	2
50—60	8,5	200—300	3,5	900—1000	1,8

Tabela 12.4. **Consumul de ulei pentru ungerea cilindrilor compresoarelor de aer cu piston**

Diametrul cilindrului, mm	Debitul cilindrului, m³/min	Consumul de ulei, l/h
Pînă la 150	Pînă la 1,8	0,003
150—200	1,8—3,5	0,004
200—250	3,5—6,3	0,005
250—300	6,3—9,8	0,007
300—375	9,8—17	0,01
375—450	17—28	0,013
450—600	28—50	0,017
600—750	50—85	0,023
750—900	85—125	0,028
900—1050	125—180	0,035
1050—1200	180—250	0,043

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 12.5. **Defectele mai des întîlnite în funcționarea compresoarelor cu piston și măsurile de remediere**

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
1. Zgomot pronunțat în cilindru	1. Pătrunderea de piese metalice dure între piston și unul din capace	1. Se oprește imediat compresorul. Se elimină obiectul căzut în cilindru și se examinează cu atenție pereții cilindrului și partea vizibilă a pistonului, verificîndu-se bunăstarea lor
	2. Pistonul se lovește de capac datorită spațiului mort insuficient	2. Înălțimea spațiului mort din cavitatea superioară se reglează astfel încît să fie cu 0,5 mm mai mare decît a celui din cavitatea inferioară
	3. Ungerea excesivă a cilindrului sau pătrunderea de ulei și de condensat din răcitor	3. Se reduce ungerea cilindrului și se verifică etanșeitatea legăturii între cilindru și răcitor
	4. Ajustarea necorespunzătoare a supapei, slăbirea pătrarului de strîngere, a pistonului sau a furcii de la dispozitivul de strîngere	4. Se folosește o garnitură corespunzătoare, se scoate dispozitivul de strîngere și se strîng piulițele
2. Zgomot pronunțat la mecanismul de bielă-manivelă.	1. Slăbirea legăturii tijei pistonului cu capul de cruce sau uzura lagărului de la capul de cruce, uzura bulonului, uzura mare a glisierelor etc.	1. Se verifică cu ajutorul cheii de piulițe dacă legătura capului de cruce s-a slăbit
	2. Ovalizarea bulonului capului de cruce	2. Se rectifică bulonul cu ajutorul unei piese de polizor fine
	3. Volantul nu este bine centrat	3. Se va centra volantul
3. Zgomot surd la mecanismul de bielă-manivelă	1. Slăbirea lagărelor de bielă și principale	1. Se strîng lagărele
	2. Uzura lagărelor principale și de bielă și a fusurilor arborelui	2. Se strunjesc fusurile arborelui și se retoarnă lagărele

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 12.5 (continuare)

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
4. Bătăi la lagăre, care după o fixare, mai bună încetează, însă lagărul începe să se încălzească, în timpul funcţionării uneori se produce fum	1. Uzura fusurilor arborelui, începînd de la 0,05 mm	1. Se strunjesc fusurile
5. Creşterea anormală a presiunii în prima treaptă (etaj)	1. Defecte la supapa de aspiraţie sau la supapa de refulare de la treapta (etajul) II 2. Discul supapei nu calcă etanş pe scaunul ei (se constată prin umplerea supapei cu petrol)	1. Se opreşte compresorul, se demontează mai întîi supapa de aspiraţie şi apoi cea de refulare 2. Se ajustează supapa prin rodarea discului ei de scaun, dacă uzura este mică, şi prin rectificarea discului la maşina de rectificat, dacă uzura este mare, sau prin rodarea şi ajustarea discului la scaun cu partea neuzată. Dacă discul este puţin încovoiat se îndreaptă prin lovirea lui uşoară cu un ciocan de cupru
6. Presiunea de refulare de la treapta (etajul) I este bus cea normală	Cilindrul treptei I aspiră o cantitate mai mică de aer, decît trebuie, din cauza: 1. defecte la supapa de aspiraţie sau la cea de refulare 2. defecte la segmenţii pistoanelor	1. Se verifică toate elementele supapelor şi se remediază defectele 2. Se înlocuiesc segmenţii

Tabela 12.5 (continuare)

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
7. Încălzirea lagărelor și glisierelor	1. Proasta ajustare a lagărelor 2. Pompa de ulei defectă 3. Impurificarea lubrifiantului 4. Presiunea insuficientă a lubrifiantului 5. Prelucrarea insuficient de fină a suprafețelor 6. Interstițiile necorespunzătoare 7. Încrucișarea (descentrarea) lagărului sau a arborelui 8. Deformarea fusului arborelui	Se ridică presiunea lubrifiantului pînă la 2 at cu ajutorul regulatorului pompei. Dacă presiunea lubrifiantului nu crește, se oprește compresorul și se cercetează: dacă nu s-au înfundat conductele de ulei; dacă lubrifiantul este curat; dacă pompa debitează fiind acționată manual și dacă supapa de aspirație este în bună stare. Se verifică dacă capacele pompei sînt etanșe, dacă nu este defect mecanismul de acționare a pompei de ulei, dacă presgarnitura pompei este etanșă. Dacă sistemul de ungere este în stare bună, se controlează lagărele, arborele și glisierele
8. Pompa de ulei nu realizează presiunea	1. Neetanșeități la conducta de aspirație a uleiului (aspiră aer) 2. Neetanșeitatea capacelor pompei 3. Deteriorarea pompei cu roți dințate 4. Arcul supapei de siguranță de pe conducta de ulei rupt 5. Neetanșeitatea presgarniturii pompei 6. Supapa de aspirație a uleiului defectă 7. Prea puțin ulei în recipientul de ulei	Se oprește compresorul, se verifică îmbinările de la conducta de ulei (aspirație). Se verifică presgarnitura pompei, capacul pompei și supapa de aspirație. Dacă se constată că este prea puțin ulei în recipient (rezervor) se adaogă

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 12.5 (continuare)

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
9. Încălzirea anormal de mare a cilindrului, tijei și presgarniturii	1. Pompa de ulei defectă	1. Se oprește compresorul, se verifică funcționarea dispozitivului de ungere (biureta cu ac), se desfac conductele de ulei în locurile de legătură a lor cu cilindru și presgarnitură. Se cercetează dacă trece uleiul, mișcîndu-se pompa manual. Se reglează debitul de ulei
	2. Scăpări la supapele de refulare	2. Se află care supapă are scăpări, se înlocuiesc garniturile de etanșare și dacă se constată că este rupt discul se înlocuiește
	3. Răcire insuficientă	3. Se verifică conducta care debitează apa la cămășile și capacele cilindrului. Dacă se încălzește cilindrul de înaltă presiune este necesar să se verifice debitul de apă în compresor
10. Scade mult debitul de aer	1. Defecțiuni la supapa de aspirație	1. Se verifică supapele de aspirație de la cilindrul de joasă presiune
	2. Defecțiuni la dispozitivul de destindere	2. Se verifică și se pune la punct dispozitivul de destindere
	3. Sînt decuplate regulatoarele	3. Se constată dacă sînt sau nu cuplate regulatoarele

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 12.5 (continuare)

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
11. Debitul de aer scade mult, capacul supapei de refulare devine anormal de fierbinte	Funcționarea defectuoasă a supapei de aspirație de la cilindrul de înaltă presiune	Se scot supapele de refulare și se pun la punct. Se verifică supapa de aspirație de la cilindrul de înaltă presiune
12. Debitul de aer scade mult și presiunea în răcitorul intermediar crește în același timp anormal. O încălzire deosebită la supapa de refulare de la cilindrul de joasă presiune nu se observă. Se încălzește capacul supapei de aspirație de la cilindrul de înaltă presiune	Funcționarea nenormală a supapei de aspirație de la cilindrul de înaltă presiune	Se va revizui supapa respectivă
13. Debitul de aer scade mult, presiunea în răcitorul intermediar este sub cea normală, se încălzește capacul supapei de refulare de la cilindrul de joasă presiune	Funcționarea defectuoasă a supapei de refulare de la cilindrul de joasă presiune	Se verifică supapa de refulare de la cilindrul de joasă presiune

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 12.5 (continuare)

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
14. Debitul de aer scade mult, presiunea în răcitorul intermediar crește anormal, capacul supapei de refulare de la cilindrul de înaltă presiune se încălzește	Funcționarea defectuoasă a supapei de refulare de la cilindrul de înaltă presiune	Se verifică supapa de refulare de la cilindrul de înaltă presiune
15. Presiunea uleiului în rețea scade treptat	1. Lagărul uzat. Scăderea presiunii uleiului se produce în acest caz treptat în decursul cîtorva săptămîni și este însoțită de apariția bătăilor	1. Lagărele uzate se strîng sau se ajustează din nou
	2. Neetanșeități la îmbinările conductelor de ulei	2. La prima oprire a compresorului se controlează conductele de ulei, se descoperă și se înlătură defectul. Dacă presiunea uleiului a scăzut sub limita indicată în instrucțiunile de exploatare, compresorul trebuie oprit fără întîrziere
	3. Montajul defectuos al pompei de ulei (în acest caz presiunea se înrăutățește imediat după remontarea pompei)	3. Se verifică montajul. În cea mai mare parte, defectul se explică prin folosirea unei garnituri prea groase sub capacul pompei, din care cauză distanța dintre roțile dințate și capac este prea mare
	4. Înfundarea sitei de la aspirația pompei de ulei	4. La prima oprire a compresorului se curăță filtrul
	5. Înfundarea filtrului de ulei	5. Se curăță filtrul

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 12.5 (continuare)

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
	6. Scăderea viscozității lubrifiantului din cauza încălzirii lui anormale sau din cauza folosirii de ulei de calitate necorespunzătoare, care își pierde viscozitatea la încălzirea pînă la 40—45°C	6. Se oprește compresorul și se înlătură cauza încălzirii sau se înlocuiește uleiul cu altul corespunzător
16. Crește temperatura uleiului	1. Răcirea insuficientă a uleiului în răcitorul de ulei, din cauza: a) înfundării răcitorului de ulei b) montării defectuoase a răcitorului, la care uleiul poate trece de-a lungul carcasei și nu este dirijat de șicane transversal țevilor 2. Uleiul este murdar sau de calitate proastă 3. Viscozitatea uleiului necorespunzătoare 4. Defect mecanismul de acționare, din cauza: a) înfundării țevii de alimentare cu ulei; b) pătrunderii murdăriei pe suprafețele în frecare; c) poziția sau ajustajul pieselor în frecare necorespunzătoare	1. Se verifică și se remediază 2. Se înlocuiește uleiul 3. Se înlocuiește uleiul 4. Se oprește compresorul, se descoperă cauza și se înlătură
17. Pro ucerea de arsuri în cilindru	1. Curățirea insuficientă a aerului aspirat 2. Ungerea extrem de abundentă 3. Calitatea uleiului necorespunzătoare	1. Se verifică bunăstarea filtrelor, starea locurilor prizei de aer și se asigură alimentarea cu aer lipsit de praf 2. Se reglează ungerea 3. Se înlocuiește uleiul

Tabela 12.5 (continuare

Simptomele defectelor	Cauzele	Măsurile de remediere
18. Acumularea de ulei în conducta de ulei sub presiune	Debitul de ulei în cilindrii compresorului prea mare	Se aduce la normal
19. Încălzirea conductei de ulei pe porțiunea de legătură cu supapa de reținere	Supapa de reținere este defectă	Se verifică și se înlătură defectul
20. Scăpări la presgarnituri	1. Segmenții de etanșare uzați și lipsa spațiului necesar la joantele lor 2. Arcurile de strîngerea secțiunilor presgarniturilor rupte 3. Tija pistonului uzată 4. Rizuri, zgîrieturi și alte asemenea defecțiuni pe suprafața tijei și a segmenților de etanșare ale presgarniturii	Se demontează presgarnitura și se înlătură defectul
21. Supapa de siguranță se deschide mai înainte sau după atingerea presiunii limită	1. Ciuperca supapei a aderat de scaun. În acest caz, la suflare, supapa se deschide greu 2. Este deplasată greutatea de pe pîrghie sau este defect arcul de la supapele cu arc 3. Pîrghia supapei este deplasată lateral și este strînsă de bridă 4. Suprafețele scaunului și ciupercii sînt uzate sau între ele a pătruns un oarecare obiect străin	1. Se lovește cu atenție tija lateral; dacă nu ajută, se demontează și se pune la punct 2. Se pune la punct pentru ca greutatea să nu se deplaseze în timpul funcționării și se fixează 3. Se aduce la locul ei 4. Se verifică și se înlătură defectul

XIII

MĂSURĂRI TERMOTEHNICE

13.1. CARACTERISTICILE APARATELOR DE MĂSURAT

Măsurarea constă în determinarea experimentală a raportului numeric dintre mărimea fizică care se măsoară şi o mărime de acelaşi fel, care este adoptată ca unitate de măsură.

Aparatele cu care se realizează această măsurare se numesc *aparate de măsurat*.

Aparatele de măsurat tehnice, utilizate în industrie, indică mărimea măsurată, fie prin deplasarea unui indicator în dreptul unei scări gradate, fie prin înregistrarea numerică a unor mărimi.

La folosirea aparatelor de măsurat, precizia măsurării depinde de calităţile aparatului, de felul de montare, de condiţiile în care este exploatată şi întreţinută instalaţia şi de calităţile personale ale cititorului. Precizia măsurărilor se caracterizează prin mărimea erorilor de indicaţie ale aparatului.

Prin montarea corectă a aparatului, prin asigurarea condiţiilor normale de funcţionare, prin instruirea personalului şi alegerea corespunzătoare a scalei aparatului, se pot reduce la minim erorile de indicaţie ale aparatului provenite din aceste cauze, erori care în acest caz pot fi în general neglijate.

Rămîne eroarea de măsurare care depinde de caracteristicile aparatului şi care se numeşte *eroarea instrumentului*.

Eroarea de măsurare absolută γ, care poate fi pozitivă sau negativă, este dată de diferenţa dintre indicaţia aparatului A şi valoarea efectivă a mărimii măsurate A_{ef}:

$$\gamma = A - A_{ef}. \tag{13.1}$$

Pentru a se putea aprecia mai bine calitatea aparatului aceste erori se exprimă procentual din valoarea efectivă:

$$\gamma_{e\%} = \frac{A - A_{ef}}{A_{ef}} 100 \quad [\%] \tag{13.2}$$

sau, în procente din valoarea indicată de aparat:

$$\gamma_{ap\%} = \frac{A - A_{ef}}{A} 100 \quad [\%]. \tag{13.3}$$

Astfel, un manometru care indică 98 kgf/cm² atunci cînd valoarea reală este de 100 khf/cm² are o eroare absolută de

$$\gamma = A - A_{ef} = 98 - 100 = -2 \text{ kgf/cm}^2$$

și o eroare procentuală din valoarea reală

$$\gamma_{e\%} = \frac{A - A_{ef}}{A_{ef}} 100 = \frac{98 - 100}{100} 100 = -2\%.$$

Eroarea admisibilă caracterizează abaterile maxime admise pe care le pot avea indicațiile aparatului față de valoarea efectivă în ambele sensuri, și anume deasupra sau sub această valoare efectivă.

Eroarea relativă admisibilă $\gamma_{ad\%}$ este dată de raportul dintre eroarea absolută admisibilă γ_{ad} și diferența dintre limita superioară A_s și cea inferioară A_i a scării aparatului:

$$\gamma_{ad\%} = \pm \frac{\gamma_{ad}}{A_s - A_i} 100 \quad [\%]. \qquad (13.4)$$

Pentru aparatele de măsurat termotehnice se admit în general următoarele erori admisibile relative:

— aparatele tehnice	de la ± 1% la ± 3%;
— aparatele de control	de la ± 0,5% la ± 1%;
— aparatele de laborator și etalon	⩽ ± 0,5%.

Aparatele de măsurat se împart din punct de vedere al preciziei în mai multe clase. Clasele de precizie a aparatului este exprimată printr-un număr, care corespunde erorii admisibile relative a aparatului exprimată în procente.

Astfel, un manometru cu clasa de precizie 3, avînd ca valoare limită a scării 100 kgf/cm², poate avea valoarea maximă a erorii de măsurare de ±3% din 100 kgf/cm², ceea ce revine la ±3 kgf/cm².

13.2. MĂSURAREA TEMPERATURII

Temperatura caracterizează gradul de încălzire a corpurilor. Ca unitate de măsură a temperaturii se utilizează gradul. Acesta se definește ca o sutime din intervalul de temperatură dintre punctele 0° și 100° ale scării internaționale de temperatură. Temperaturile măsurate după scara internațională se notează cu semnul °C.

Temperatura corpurilor se măsoară cu ajutorul termometrelor și pirometrelor (tabela 13.1). Cu termometrele se măsoară temperaturi pînă la +700°C, iar cu pirometrele, temperaturi care depășesc această valoare.

Tabela 13.1. **Domeniul de lucru al aparatelor de măsurat temperatura**

Felul aparatului	Domeniul de măsurare, în °C	
	de la:	până la:
Termometre cu dilatație	—190	+ 700
Termometre manometrice	— 70	+ 550
Termometre cu rezistență electrică	—120	+ 500
Pirometre termoelectrice (cu termocupluri)	— 50	+1600
Pirometre cu radiație	+800	+2000

13.2.1. Termometre cu dilatație

Termometrele cu dilatație se bazează pe proprietatea corpurilor de a-și modifica volumul în funcție de temperatură.

Din această categorie, cele mai utilizate sînt cele cu lichid, care se dilată într-un tub capilar de sticlă sau de cuarț închis. Lichidul folosit poate fi mercurul, alcoolul, pentanul etc. Aceste termometre se utilizează pe scară largă la măsurarea temperaturilor în intervalul de la —190°C la +700°C (tabela 13.2).

Tabela 13.2. **Intervalul de măsură al termometrelor cu lichid**

Lichidul folosit	de la, °C	până la, °C
Mercur	— 30	+700
Toluen	— 90	+100
Alcool etilic	—100	+ 75
Eter de petrol	—130	+ 25
Pentan	—190	+ 20

Dintre termometrele cu lichid, cele mai folosite sînt cele cu mercur. Termometrul cu mercur (fig. 13.1) constă dintr-un tub capilar de sticlă care se termină în partea inferioară cu un mic rezervor, de formă lunguiață sau sferică, umplut cu mercur. În spatele tubului se găsește scara aparatului. Tubul capilar

și scara sînt introduse într-un tub de sticlă, care este închis în partea superioară cu un dop acoperit cu gips.

Unele termometre pentru a fi protejate împotriva deteriorărilor mecanice, se introduc într-o armătură metalică. Pentru a se îmbunătăți transmiterea căldurii spațiul dintre rezervorul termometrului și tubul de protecție se umple cu ulei, la termometre cu scara pînă la 200°C și cu pilitură de cupru la termometrele cu scara pînă la 700°C. Umplerea cu ulei sau pilitură se face astfel încît să se acopere numai rezervorul cu mercur al termometrului.

Cînd se măsoară temperatura unui fluid care se scurge printr-o conductă, pentru a se reduce erorile de măsurare, termometrul trebuie montat în cotul conductei la scurgerea ascendentă a fluidului. Pe conductele orizontale, termometrul se montează vertical pentru diametre ale conductei mai mari decît 200 mm și înclinat față de axa conductei, contra curentului, la diametre sub 200 mm. Pe conductele drepte verticale, cu sensul de curgere a fluidului ascendent, termometrele se montează înclinat pe axa conductei, contra curentului.

În timpul măsurării termometrul trebuie să fie cufundat pînă la reperul în care se află mercurul. În caz contrar, trebuie să se facă o corecție pentru coloana de mercur care rămîne necufundată.

În timpul exploatării, după o anumită perioadă de timp, din cauza fenomenului de îmbătrînire a sticlei, rezervorul termometrului nu-și mai recapătă prin răcire exact volumul inițial, ceea ce face ca termometrul, atunci cînd se răcește, să nu mai indice punctul de zero inițial. Dacă prin verificările periodice efectuate se constată că punctul de zero a coborît cu mai mult de 0,1 grade pentru fiecare 100 grade de încălzire, termometrul trebuie înlocuit.

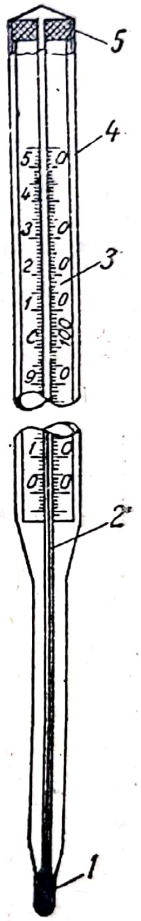


Fig. 13.1. Termometru cu mercur:
1 — rezervor cu mercur; *2* — tub capilar; *3* — scară gradată; *4* — înveliș; *5* — dop acoperit cu gips.

În R.P.R., se fabrică termometre cu sticlă industrială, de tipul tubular, cu imersie parțială, cu scara gradată pe placă de geam opac (tabela 13.3).

Tabela 13.3. **Termometre industriale cu lichid fabricate în R.P.R.**

Gradația termometrului °C		Termometre industriale drepte		Termometre industriale unghiulare	
minim	maxim	lungimea tijei mm	lichid termometric	lungimea tijei mm	lichid termometric
—35	+ 50	70—1000	toluen	70—500	toluen
0	+ 50	70—1000	mercur	70—500	mercur
0	+100	70—1500	mercur	70—500	mercur
0	+150	70—1000	mercur	70—500	mercur
0	+250	70—300	mercur	70—500	mercur

13.2.2. Termometre manometrice

Termometrele manometrice se bazează pe principiul variației cu temperatura a presiunii unui fluid dintr-un volum închis etanș. În funcție de natura corpului termometric utilizat pentru umplerea volumului închis, acestea se împart în:

— termometre cu lichid (mercur, alcool etc.); limita superioară de măsurare +500°C;

— termometre cu vapori (benzen, acetonă, eter, clorură de metil); limita superioară de măsurare +200°C;

— termometre cu gaze (azot, heliu); limita superioară de măsurare +550°C.

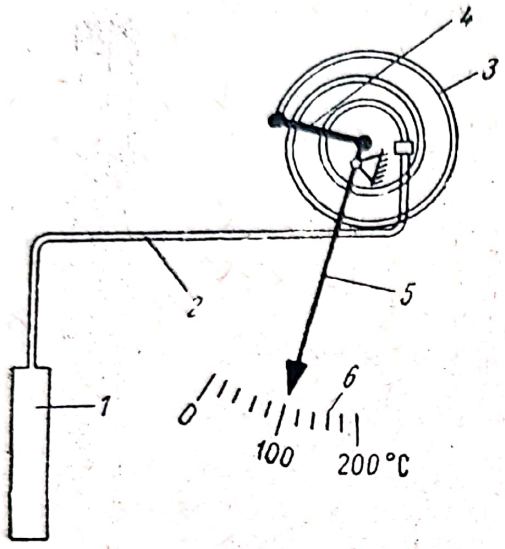


Fig. 13.2. Termometre manometrice:
1 — rezervorul termometrului; *2* — tub capilar; *3* — tub manometric; *4* — tijă; *5* — ac indicator; *6* — scara aparatului.

Termometrul manometric constă dintr-un rezervor metalic în formă de tub care se așază în mediul al cărei temperatură se determină, dintr-un tub manometric prevăzut cu o scară gradată direct în grade de temperatură și un tub capilar care face legătura dintre rezervor și tubul manometric (fig. 13.2). La încălzirea rezervorului, presiunea lichidului termometric se transmite prin tubul capilar la tubul manometric, producînd deplasarea acului indicator. Tubul capilar poate avea lungimi pînă la 50 m, însă în general nu se recomandă montarea de tuburi cu lungimi mai mari decît 20—25 m. Eroarea de măsură a acestor aparate nu depășește +1,5%.

13.2.3. Pirometre termoelectrice

Pirometrele termoelectrice se bazează pe proprietatea unor metale și a unor aliaje de a crea o forță termoelectromotoare la încălzirea locului de lipire sau de sudură a două conductoare diferite, care formează așa-numitul termocuplu.

Un pirometru termoelectric constă în principiu dintr-un termocuplu, un sistem de măsurare a forței termoelectromotoare (milivoltmetru sau un potențiometru) și din conductoarele de legătură (fig. 13.3).

Conductoarele din materiale diferite *1* și *1'* luate separat se numesc termoelectrozi, iar ansamblul lor cu capetele sudate formează termocuplul. Capătul *4*, care se așază în mediul a cărui temperatură se măsoară, se numește sudură caldă, iar capetele *5*, *6* așezate în mediul de temperatură joasă se numesc sudură rece.

Valoarea tensiunii electromotoare a unui termocuplu depinde atît de temperatura sudurii calde, cît și de temperatura capetelor libere ale electrozilor termocuplului. Pentru ca să se obțină rezultate corecte la măsurarea temperaturii cu termocuplurile este absolut necesar ca temperatura capetelor libere ale electrozilor să fie menținută la o valoare constantă.

Caracteristicile termocuplurilor sovietice folosite în tehnică sînt date în tabela 13.4.

Tabela 13.4. **Termocupluri fabricate în U.R.S.S.**

Denumirea termocuplului	Limita superioară a temperaturii:	
	la o încălzire de lungă durată °C	la o încălzire de scurtă durată °C
Platină-rodiuplatină	1300	1600
Cromel-alumel	900	1250
Cromel-copel	600	800
Fier-copel	600	800
Cupru-copel	350	600
Fier-constantan	600	800
Cupru-constantan	350	500

Tabela 13.5. **Caracteristicile termoelectrozilor de prelungire fabricați în R.P.R.**

Cablu de compensație tip	TT-X-OL	TT-X-02
— Felul izolației	cu manta de plumb cu tresă metalică	fără manta de plumb, însă cu tresă metalică
— Cu două fire de compensație, fiecare cu secțiunea	1,5 mm²	1,5 mm²
— Izolație în fire de sticlă cu lac de silicon	da	da
— Manta de plumb, grosime	8 mm	—
— Tresă metalică din sîrmă de oțel zincat	da	da

Tabela 13.6. **Caracteristicile milivoltmetrelor indicatoare fabricate în R.P.R.**

Tipul	ET-M-01	ET-M MV-2	ET-M MV-3
— Clasa de precizie	1,5	1,5	1,5
— Unghiul maxim de deviație	60°	60°	60°
— Lungimea reală a scării gradate, mm	155	155	155
— Rezistența de linie, inclusiv a termocuplului, în Ω	20± 2,5%	4±2,5%	10±2,5%
— Curent de lucru în bobină, mA		circa 0,15	0,04—0,06

Scanned with OKEN Scanner

Pentru protejarea electrozilor de acțiuni mecanice sau chimice, aceștia sînt introduși într-un tub de protecție metalic, din porțelan sau din alte materiale rezistente la temperaturi înalte (fig. 13.4).

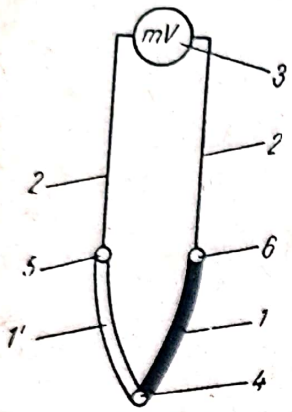


Fig. 13.3. Schema de principiu a unui pirometru termoelectric:

1, *1'* — termocuplu; *2* — conductoare de legătură; *3*—milivoltmetru; *4* —sudură caldă; *5*, *6* — suduri reci (capete libere ale electrozilor).

Ca să se asigure menținerea constantă a temperaturii sudurilor sau lipiturilor reci, este necesar ca acestea să fie duse cît mai departe de locul de măsurare și totodată să se introducă într-un termostat cu încălzire electrică și reglare automată a temperaturii. Termoelectrozii se prelungesc cu conductoare flexibile izolate, care din punct de vedere termoelectric au aceleași proprietăți cu cele ale termocuplului, adică nu se creează tensiuni electromotoare între aceștia și capetele termocuplului. Aceștia se numesc *termoelectrozi de prelungire*, sau în mod impropriu „cablu de compensare", și se execută din materiale ieftine (fig. 13.5).

Tensiunea electromotoare a termocuplului se măsoară direct cu un milivoltmetru pirometric (fig. 13.6). De obicei acesta se gradează în grade. Cînd prin bobina mobilă *4* trece curent, aceasta se rotește și o dată cu ea va roti și acul indicator.

Milivoltmetrele pot fi de clase diferite de precizie: (0,5; 1; 1,5 și 2,5) de tipul indicator și înregistrator pe diagramă. În R. P. R., se fabrică termocupluri de trei tipuri: 1) fier-constantan cu domeniul de măsurare între —200°C și +600°C și la funcționare de scurtă durată pînă la 900°C; 2) cromel-alumel cu domeniul de măsurare la funcționare continuă între 0°C și+1100°C (pînă la 1200°C la funcționare de scurtă durată); 3) platinrodiu-platină cu domeniul de măsurare la funcționare continuă între 0°C și 1300°C (pînă la 1600°C la funcționare de scurtă durată).

Temperatura cablului termocuplului trebuie să fie practic egală cu +20°C în tot timpul măsurătorilor. În caz contrar se vor folosi conductoare sau cabluri de compensație. Se poate folosi și o cutie de compensare a punctului rece.

Pentru compensare se fabrică în țară cablul de compensație tip TT-X pentru termocuplurile fier-constantan (culoare albastră de marcare a izolației cablului), cromel-alumel (culoare verde) și platin rodiu-platin (fără bandă izolantă) (tabela 13.5.).

Cablul de compensație în izolație cu manta de plumb se folosește pînă la temperaturi de +100°C și în medii corosive, iar cel fără manta de plumb pînă la temperaturi de +65°C și fără medii corosive. Ultimul cablu se montează în tuburi IPE (Pantzer).

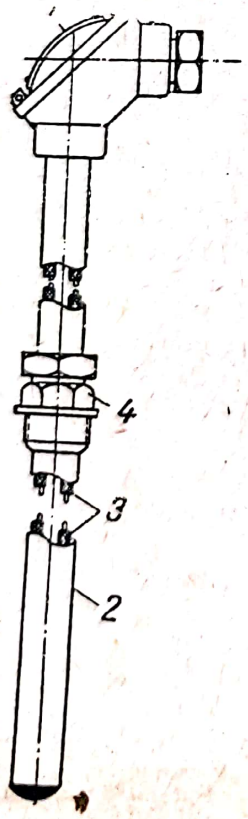


Fig. 13.4. Termocuplu în armătură protectoare:

1 — cap; *2* — tub de protecție; *3* — termoelectrozi izolați cu mărgele de porțelan; *5* — racord cu presetupă.

În țară se fabrică în prezent trei tipuri de milivoltmetre indicatoare: ET-M-01; ET-M, model MV-2; ET-M, model MV-3 (tabela 13.6). În serie cu milivoltmetrele se intercalează o rezistență adițională, astfel încît rezistența electrică a liniei, inclusiv termocuplul, să fie egală cu cea din tabelă.

În scopul de a se reduce la minimum eroarea de măsurare, cuplul termoelectric se cufundă cît mai adînc posibil în fluidul a cărui temperatură se măsoară. De asemenea, termocuplul trebuie amplasat în locul în care fluidul (gaze, abur sau lichid) are o viteză mai mare de deplasare, ceea ce permite să se mărească coeficientul de transmitere a căldurii.

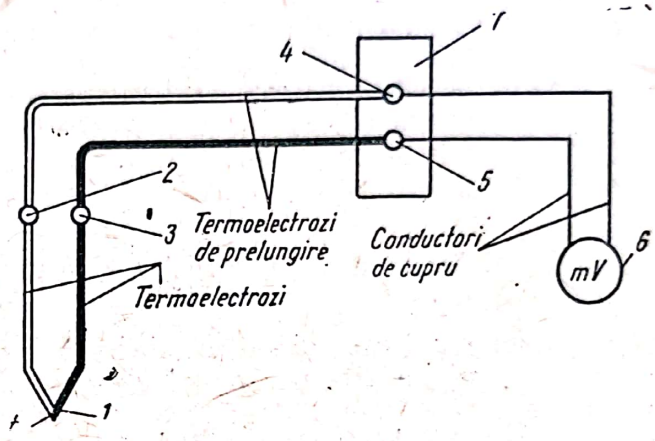


Fig. 13.5. Schema de legătură a pirometrului termoelectric cu termoelectrozi de legătură: *1* — sudură; *2* — legarea termoelectrozilor cu termoelectrozii de prelungire; *4*, *5* — suduri reci; *6* — milivoltmetru; *7* — termostat pentru lipiturile reci.

La măsurarea unor temperaturi mai înalte decît 700—800°C, se recomandă ca termocuplul să fie așezat vertical, astfel încît să se evite deformarea învelișului de protecție al acestuia datorită temperaturilor ridicate.

La măsurarea temperaturii gazelor care se scurg, pot apărea erori de măsură datorită faptului că învelișul de protecție al termocuplului avînd o temperatură mai ridicată decît cea a pereților înconjurători, se produce un schimb de căldură prin radiație între acesta și pereți. Astfel aparatul de măsură indică temperatura mai scăzută, eroarea fiind proporțională cu diferența dintre temperaturile tubului termocuplului și a pereților luate la puterea a patra.

În focarul unui cazan de abur, termocuplul se amplasează astfel încît flacăra să nu atingă armătura acestuia. În locurile de fixare pe pereți, nu trebuie să se producă aspirația aerului rece sau scăpări de gaze calde în afară, întrucît aceasta provoacă erori de măsurare și deteriorează învelișul termocuplului.

Milivoltmetrele pirometrice se montează în locuri care nu sînt supuse vibrațiilor și temperaturilor înalte.

Pentru ca eroarea de indicare a acestor milivoltmetre să nu depășească valorile pentru care a fost construit aparatul, trebuie îndeplinite mai multe condiții. În primul rînd trebuie ca milivoltmetrul să fie legat cu termocuplul care corespunde gradației aparatului. De asemenea

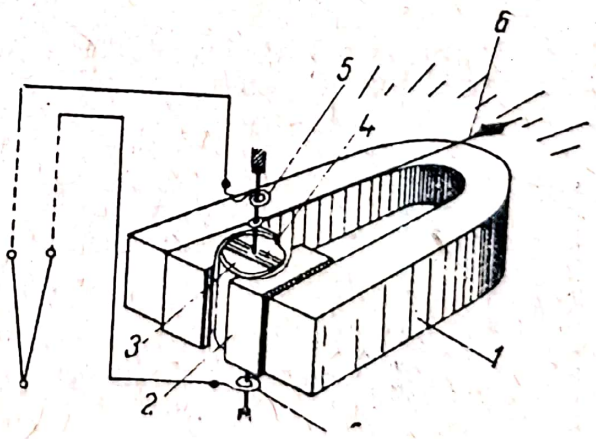


Fig. 13.6. Milivoltmetru pirometric indicator:

1 — magnet permanent; *2* — piese polare; *3* — miez concentric; *4* — bobină mobilă; *5* — arc spiral antagonist și pentru conducerea curentului; *6* — ac indicator.

trebuie ca rezistența circuitului exterior, constînd din suma rezistențelor termocuplului, termoelectrozilor de prelungire, conductoarelor de legătură, bobinelor de ajustare etc. să fie egală cu rezistența pentru care a fost etalonat milivoltmetrul. Temperatura mediului ambiant în locul unde se montează milivoltmetrul trebuie să fie cea corespunzătoare gradației, de obicei 20°C.

Temperatura sudurii reci a termocuplului trebuie să fie 0°C. În caz că această condiție nu poate fi îndeplinită, se folosește o cutie pentru menținerea constantă a temperaturii sudurii reci, la o temperatură deasupra valorii zero, de exemplu t°C. În acest caz, pentru ca să nu apară o eroare suplimentară, acul milivoltmetrului cînd nu măsoară temperatura, se fixează cu ajutorul corectorului aparatului la valoarea de t°C, temperatură pe care o are sudura rece.

13.2.4. Termometre cu rezistență electrică

Măsurarea temperaturii cu ajutorul termometrului cu rezistență electrică se bazează pe variația rezistenței electrice a unui conductor cînd temperatura sa variază.

Termometrele cu rezistență electrică sînt mult folosite în industrie la măsurarea temperaturilor din domeniul —120 ··· +500°C și în special a temperaturilor pînă la +200°C, cînd precizia măsurătorilor cu pirometrele termoelectrice este adeseori insuficientă.

Aparatul constă din: termometrul cu rezistență propriu-zis, aparatul de măsurat și o sursă de curent.

Conductorul de măsurare a temperaturii se execută din sîrmă subțire de platină cu diametrul de 0,05—0,07 mm pentru măsurarea temperaturilor pînă la +500°C, și din sîrmă de cupru pentru temperaturi pînă la +100 ··· +150°C. Sîrma se înfășoară pe un suport de mică, porțelan sau sticlă de cuarț. Înfășurarea cu suportul se introduc într-o armătură protectoare din tub de oțel sau alt material închis la un capăt. La celălalt capăt tubul se termină cu placa pe care sînt fixate bornele la care se leagă conductoarele care duc la aparatul de măsurat (logometru).

Pentru instalațiile industriale se utilizează trei dispozitive de măsurare: punte neechilibrată, punte cu echilibrare automată și logometre.

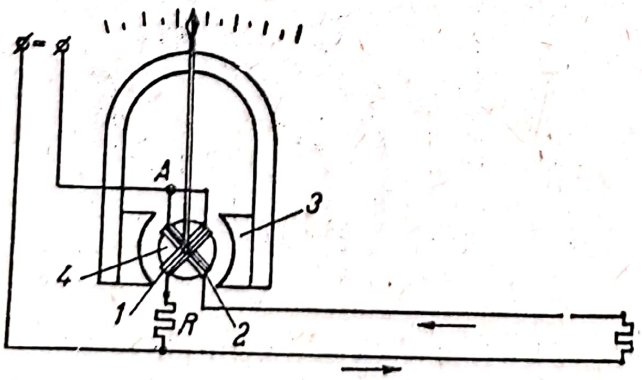


Fig. 13.7. Schema logometrului cu cadre mobile în cruce:

1, 2 — cadre mobile în cruce; *3* — piese polare; *4* — miez.

Logometrul este un aparat care măsoară raportul dintre doi curenți (cuvîntul „logos" însemnînd raport). Spre deosebire de milivoltmetru, care are un singur cadru, echipajul mobil al logometrului constă din două cadre legate rigid între ele. Rotirea cadrelor determină și deplasarea acului indicator în fața unei scări gradate în grade temperatură. Cadrele mobile *1* și *2* (fig. 13.7) se rotesc într-un cîmp magnetic neuniform, format de piesele polare *3* și miezul *4*. Neuniformitatea cîmpului magnetic se obține dîndu-se o formă specială pieselor

polare. Cadrele *1* și *2* sînt străbătute de curenții care trec la rezistența fixă *R* și termorezistența R_t, producînd cupluri antagoniste inegale, ceea ce va face ca sistemul celor două cadre să se rotească în sensul de acțiune a cuplului celui mai mare. Echilibrul sistemului se realizează prin cîmpul magnetic diferit datorită formei speciale a armăturilor, și nu prin arcuri spirale ca la milivoltmetre.

Valoarea unghiului de rotație al echipajului mobil depinde de raportul dintre curenții care trec prin cadre, iar aceștia din urmă depind de valoarea rezistenței termometrului și deci de temperatura măsurată.

În țara noastră se fabrică termometre cu rezistență electrică cu unul sau cu două elemente sensibile. Acestea sînt prevăzute pentru a fi conectate în schemă electrică cu logometre indicatoare, înregistratoare sau cu punți automate (tabela 13.7). Presiunea maximă de lucru a mediului care se măsoară cu acest tip de termometru cu rezistență este de 80 kgf/cm².

Tabela 13.7. **Domeniile de utilizare a termometrelor cu rezistență electrică fabricate în R.P.R.**

Tip	Materialul termorezistenței	Element sensibil	Domenii de utilizare °C	
			de la	pînă la
TT-I-01	cupru	simplu	— 50	+150
	platină		—200	+550
TT-I-02	cupru	dublu	— 50	+150
	platină		—200	+550

În țara noastră se mai fabrică și logometre indicatoare tip EK-L-01 cu clasa de precizie 1,5. Acestea se pot lega cu termometrele cu rezistență TT-I.

13.2.5. **Pirometre cu radiație**

Determinarea temperaturii cu pirometrele în radiație se bazează pe măsurarea și compararea radiației corpurilor încălzite, cantitate care depinde de temperatura acestora.

Pirometrele cu radiație se utilizează la măsurarea temperaturii corpurilor între limitele +800 ··· +2 000°C. Unele sisteme permit măsurarea temperaturii pînă la +3 000°C.

Pirometrul optic. Principiul de măsurare al acestuia se bazează pe compararea radiațiilor de o anumită lungime de undă a strălucirii corpului cercetat și a strălucirii filamentului unei lămpi pirometrice montate în interiorul aparatului.

Scanned with OKEN Scanner

Pirometrul constă dintr-o lunetă și o lampă pirometrică cu filament de wolfram în formă de buclă (fig. 13.8). Un filtru de lumină roșie lasă să treacă numai radiațiile cu lungimea de undă corespunzătoare acestei culori. Ca aparat indicator se folosește un miliampermetru cu scara gradată direct în grade de temperatură.

Luneta se reglează astfel încît în cîmpul vizual al acestuia să apară filamentul sub formă de buclă, proiectat peste imaginea sursei la care se măsoară

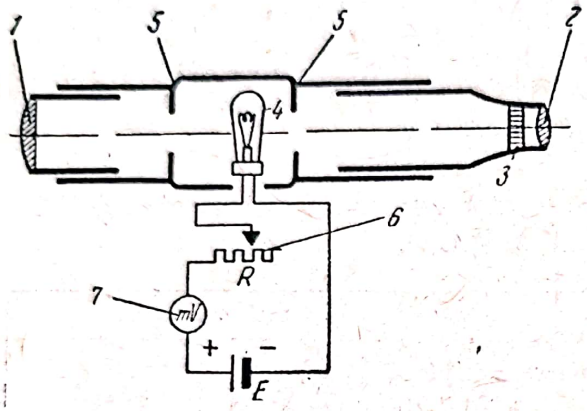


Fig. 13.8. Schema pirometrului optic cu dispariția filamentului:
1 — obiectiv; *2* — ocular; *3* — filtru de lumină roșu; *4* — lampă pirometrică; *5* — diafragme; *6* — reostat; *7* — miliampermetru.

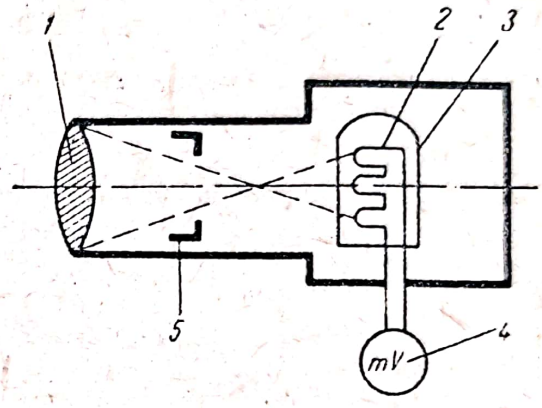


Fig. 13.9. Schema de principiu a pirometrului de radiație:
1 — lentilă; *2* — baterie de termocupluri; *3* — balon de sticlă umplut cu gaz neutru; *4* — milivoltmetru.

temperatura. Prin varierea poziției reostatului R se modifică temperatura filamentului lămpii. Cînd temperatura filamentului lămpii și cea a sursei radiate sînt egale, filamentul nu se mai vede. Indicația miliampermetrului în acel moment reprezintă temperatura sursei.

Pirometrul de radiație constă dintr-o baterie de termocupluri foarte subțiri legate în serie (fig. 13.9). Sudurile calde ale termocuplurilor sînt acoperite cu plăci subțiri de platină, înnegrite pe partea întoarsă spre corpul măsurat, pentru a absorbi razele care cad pe ele. Bateria de termocupluri este introdusă într-un glob de sticlă umplut cu gaz neutru și este conectată la un milivoltmetru, care poate fi indicator, înregistrator sau pentru reglare automată. Radiațiile de la obiectivul examinat sînt concentrate de lentila *1* peste plăcuțele înnegrite ale termocuplurilor, ridicînd temperatura sudurilor calde și modificînd în mod corespunzător indicația milivoltmetrului.

13.3. MĂSURAREA PRESIUNII ȘI VACUUMULUI

Presiunea absolută P_a se definește ca presiunea totală la care se află un fluid și este egală cu suma dintre suprapresiunea P_s și presiunea barometrică (atmosferică) P_b, adică:

$$P_a = P_s + P_b. \qquad (13.5)$$

Suprapresiunea P_s este dată de diferenţa dintre presiunea absolută P_a şi cea barometrică P_b:

$$P_s = P_a - P_b. \tag{13.6}$$

Presiunea barometrică se măsoară cu barometrul, iar suprapresiunea cu manometrul. Manometrul indică totdeauna numai diferenţa dintre presiunea absolută şi cea atmosferică.

Cînd presiunea absolută este mai mică decît cea barometrică, diferenţa dintre acestea se numeşte depresiune sau vid P_v:

$$P_v = P_b - P_a. \tag{13.7}$$

Vidul se dă uneori sub forma unei mărimi relative V, exprimată în procente din presiunea barometrică:

$$V = \frac{P_v}{P_b} 100 \quad [\%]. \tag{13.8}$$

Aparatul care măsoară depresiunea se numeşte *vacuumetru*.

Aparatele pentru măsurarea presiunii şi depresiunii se fabrică în mai multe clase de precizie: 0,005; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4. După destinaţia lor se împart în trei grupe de bază: etalon, de verificare şi de lucru.

13.3.1. Aparate pentru măsurarea presiunii

Măsurarea presiunii se face cu manometrele. După principiul de funcţionare se împart în: manometre de sticlă cu lichid; cu arc; cu piston.

Manometrele de sticlă cu lichid se pot construi cu unul sau două tuburi de sticlă. Ca lichid de lucru se foloseşte mai ales mercurul şi apa şi mai rar alcoolul. Sînt destinate să fie folosite la determinarea unor suprapresiuni reduse, care nu depăşesc 2 kgf/cm².

Din acestea, manometrul în formă de U (fig. 13.10) este aparatul cel mai simplu şi cel mai precis. Constă dintr-un tub în formă de U umplut iniţial pînă la jumătate cu lichid. Determinarea presiunii se face prin măsurarea directă a diferenţei de nivel h dintre suprafeţele libere ale lichidului din cele două braţe.

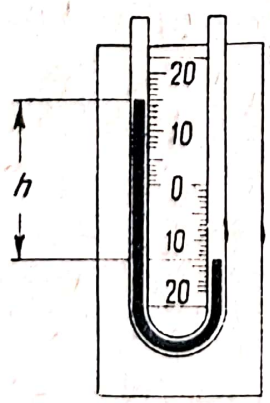


Fig. 13.10. Manometru cu tub U.

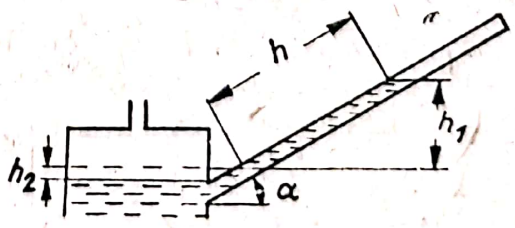


Fig. 13.11. Micromanometru cu tub înclinat.

Unul din tuburi se leagă cu rezervorul căruia i se măsoară presiunea P_s, iar celălalt rămîne deschis și comunică cu atmosfera P_b. Valoarea presiunii măsurate este:

$$P_s = h\gamma \; ; \tag{13.9}$$

P_s este suprapresiunea, în kgf/cm²;
h — diferența de nivel între suprafețele libere ale lichidului, în cm;
γ — greutatea specifică a lichidului din tub, în kgf/cm³.

Micromanometrele sînt aparate de laborator, destinate măsurării unor presiuni mici sau depresiuni de ordinul zecilor de milimetru de coloană de apă. Aparatul (fig. 13.11) constă dintr-un rezervor și un tub înclinat cu o secțiune mică, deschis la capăt. Vasul și tubul sînt umplute cu lichid pînă la diviziunea zero a scării.

Pentru măsurarea presiunilor mici, a depresiunilor mici și a diferențelor de presiune, în țara noastră se fabrică manometre cu tub de sticlă în formă de U, clasa de precizie 1,5 și presiunea statică maximă 40 kgf/cm² (tabela 13.8). De asemenea se mai fabrică manometre cu tub înclinat cu rezervor de tip MP-C-03 (tabela 13.9).

Tabela 13.8. **Mediile la care se măsoară presiunea cu manometrele cu tub U fabricate în R.P.R.**

Tipul manometrului	Număr de robinete	Fluidul la care se măsoară
MP-B-01	3	gaz sau aer
MP-B-02	5	lichide sau abur
MP-B-03	fără robinete	măsurători de scurtă durată

Tabela 13.9. **Manometre cu tub înclinat cu rezervor fabricate în R.P.R.**

Tip	MPC	MPC-03
Domenii de măsurare, în mm	0—4; 0—8; 0—20; 0—40; 0—80 mm H_2O	0—4; 0—8; 0—20; 0—50; 0—100 mm coloană lichid
Eroare de măsurare pentru toate scările în mm col. lichid	0—5 mm H_2O	0,5 mm H_2O
Presiunea statică maximă, kgf/cm²	2	2
Lichid de umplere	alcool etilic rafinat	alcool etilic rafinat, densitatea 0,808 la +20°C

Acestea se folosesc pentru măsurarea presiunilor și diferențelor de presiune mică.

Manometrele cu arc funcţionează după principiul deformării unui element elastic datorită presiunii fluidului care se măsoară.

Aceste aparate se folosesc pentru un interval larg de presiuni, de la cîţiva zeci de milimetri pînă la cîteva mii de kgf/cm², atît pentru măsurători industriale, cît şi pentru laborator.

La manometrul cu arc tubular cu o singură spiră (fig. 13.12) elementul sensibil constă dintr-un tub îndoit după un arc de cerc, numit arc tubular sau

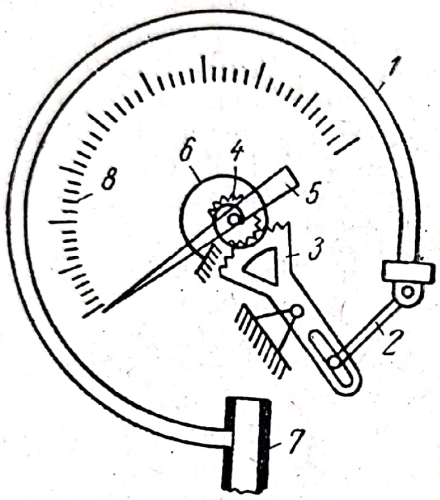


Fig. 13.12. Manometru cu arc tubular cu o singură spiră:
1 —arc tubular cu secţiune ovală; *2* — tijă; *3* — sector dinţat; *4* — roată dinţată fixată pe acul indicator; *5* — acul indicator al aparatului; *6* — arc spiral antagonist; *7* — legătura la locul de măsurare; *8* — scara aparatului.

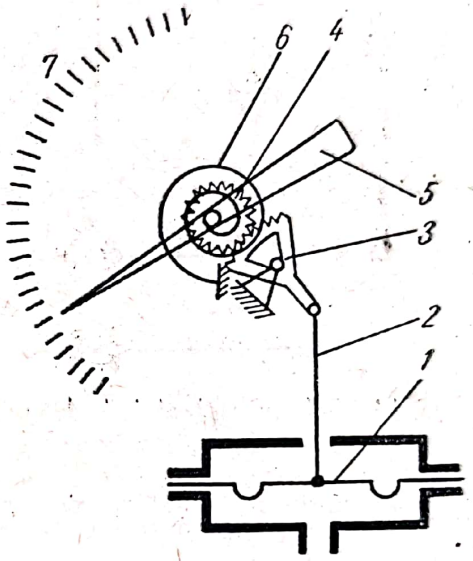


Fig. 13.13. Schema manometrului cu membrană plană:
1 — membrană plană metalică; *2* — tijă; *3* — sector dinţat; *4* — roată dinţată solidară cu acul indicator; *5* —ac indicator; *6* — arc antagonist; *7* — scară gradată.

tub Bourdon, gol în interior şi cu secţiune ovală sau eliptică. Capătul liber al tubului *1* este închis şi este articulat prin tija *2* la sectorul dinţat *3*. La rîndul său acesta angrenează rotiţa dinţată *4* pe care este fixat acul indicator al aparatului *5*. Arcul spiral *6* echilibrează diferitele poziţii ale acestuia, determinate de presiunile fluidului care se exercită în interiorul tubului. Transmiterea deformării tubului la acul indicator se poate face în mai multe feluri: cu sector dinţat, cu pîrghii etc.

Aceste manometre pot fi utilizate pentru măsurarea suprapresiunilor de la 0,3 la 10 000 kgf/cm². Tuburile folosite pentru presiuni pînă la 150—200 kgf/cm² se execută din alamă, iar pentru presiuni superioare din oţel.

Scara manometrului cu arc trebuie astfel aleasă, încît presiunea maximă măsurată să nu depăşească 2/3 din reperul limită superior dacă presiunea variază lent, şi de jumătate, la o variaţie oscilantă. În ambele cazuri trebuie ca presiunea cea mai mică măsurată să nu fie inferioară la 1/3 din reperul limită superior al scării aparatului.

Manometrele şi micrometrele de tiraj cu membrană plană se utilizează pentru măsurarea presiunilor pînă la 30 kgf/cm².

Membrana metalică *1* (fig. 13.13), ondulată concentric ca să aibă o elasticitate mai mare, se deformează sub acţiunea presiunii. Această deformare se

transmite prin intermediul tijei *2* sectorului dințat *3*, roții dințate *4*, la acul indicator *5*, asupra căruia lucrează arcul antagonist *6*.

Manometrele cu transmiterea la distanță a indicațiilor se împart în două clase mari: manometre de semnalizare cu contacte și manometre cu transmiterea continuă a indicației manometrului.

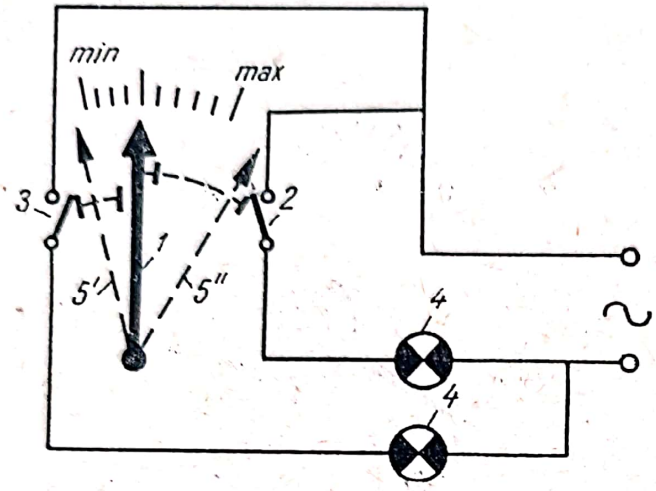


Fig. 13.14. Schema electrică de principiu a unui manometru de semnalizare cu contacte:
1 — ac indicator; *2* — contact de maxim; *3* — contact de minim; *4* — lămpi de semnalizare; *5'*, *5''* — poziții extreme ale acului indicator.

Manometrul de semnalizare cu contacte (fig. 13.14) se realizează cu clasa de precizie *4*. La depășirea presiunii, acul indicator *1* închide contactul *2*, iar la scăderea presiunii contactul *3*. Acestea fac să se aprindă niște lămpi de semnalizare sau să sune o sirenă.

Manometrele cu transmiterea continuă a indicațiilor sînt prevăzute cu un traductor, adică un dispozitiv care transformă mărimea neelectrică măsurată (de exemplu presiunea sau depresiunea), într-o mărime electrică măsurabilă la distanță cu un aparat electric secundar, gradat în mod corespunzător în unitățile mărimii care se măsoară.

13.3.2. Aparate pentru măsurarea tirajului

Se utilizează pentru măsurarea presiunilor, depresiunilor sau a diferențelor de presiune în focare, în canalele de aer și de gaze ale cuptoarelor. Scara aparatului se gradează de obicei în mm H_2O.

Indicatoarele de tiraj cu lichid cu sticlă sînt cele mai utilizate. Principial, acestea nu se deosebesc de manometrele cu lichid cu un singur tub sau cu două tuburi de sticlă, avînd aceleași scheme de principiu.

13.3.3. Aparate pentru măsurarea vacuumului

Aparatele pentru măsurarea vacuumului (vidului) se numesc vacuumetre. Se utilizează pentru măsurarea unor depresiuni mari (a vidului), la condensatoarele turbinelor cu abur, în conductele pompelor de aspirație etc.

Vacuumetrele de sticlă cu mercur sînt similare cu manometrele cu lichid și se construiesc cu un singur tub de sticlă, sau cu două tuburi de sticlă.

Vacuumetrele se execută de obicei cu un arc tubular cu o singură spiră, constructiv fiind similare cu manometrele cu arc tubular. Scara vacuumetrului cu arc se etalonează în mm Hg și are limita superioară de 760 mm Hg. Clasa de precizie este 4.

Scanned with OKEN Scanner

Manovacuumetrele pot măsura presiuni superioare sau inferioare presiunii atmosferice şi se construiesc tot ca aparate cu arc tubular cu o singură spiră. Scara acestora este prevăzută la stînga lui zero pentru vid şi este gradată în mm Hg, iar la dreapta lui zero este prevăzută pentru presiuni şi este gradată în kgf/cm².

În ţara noastră se fabrică manometre industriale, vacuumetre şi manovacuumetre (tabela 13.10). Presiunea maximă de lucru a aparatelor este de 2/3 din presiunea nominală pentru regim constant şi 1/2 din presiunea nominală pentru regim variabil.

Tabela 13.10. **Manometre cu arc tubular fabricate în R.P.R.**

Tipul manometrului	Clasa de precizie	Manometre cu presiuni nominale, în kgf/cm²											Vacuumetre kgf/cm²		Manovacuumetre kgf/cm²		
		2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250	—1	—1 la 1	—1 la 1,6	—1 la 2,5	—1 la 4
60	2,5		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
100	2,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
150	1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
200	1.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X							

*) Observaţie: aparat în fabricaţie

În plus se fabrică manometre termometrice cu limitele de măsurare +20···+120°C. Se mai fabrică de asemenea şi manometre cu contacte, maximal şi minimal, cu diametrul 150 mm, pentru toate presiunile din tabela 13.10.

13.3.4. Montarea aparatelor de măsurare a presiunii şi vidului

Pentru ca să se protejeze aparatele de măsurare a presiunii şi vidului şi pentru ca eroarea acestora să nu crească peste valorile garantate, este absolut necesar să se respecte următoarele reguli de montare:

a) Aparatele trebuie să fie montate în poziţia normală de funcţionare şi să fie protejate de acţiunea radiaţiilor termice şi a temperaturii înalte a mediului exterior.

b) Cum indicaţiile manometrului cu arc tubular depind şi de temperatura arcului tubular, trebuie să se excludă pe cît posibil influenţa temperaturii

înalte a fluidului a cărui presiune se măsoară. Protejarea se realizează prin instalarea pe conducta de legătură, între aparat și locul de măsurare, a unui tub sifon în formă de U sau în formă inelară. Acest sifon creează înaintea manometrului un obturator de lichid rece care protejează aparatul împotriva contactului cu fluidul cu temperatură înaltă, a cărui presiune se măsoară. Astfel, la montarea pe o conductă de abur (fig. 13.15) manometrul *1* se înșurubează în robinetul cu trei căi *2*, care este legat cu tubul sifon inelar *3*, sudat la conducta *4*, unde se măsoară presiunea. Înălțimea sifonului se ia de minimum 300 mm.

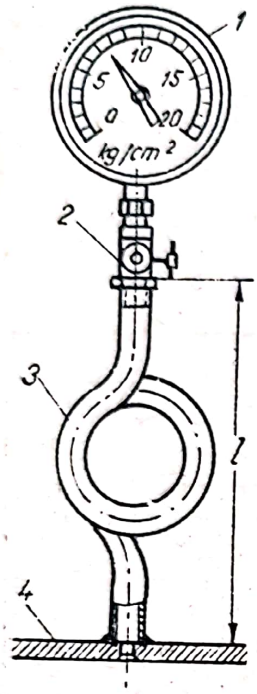


Fig. 13.15. Montarea manometrului cu arc pe o conductă de abur:
1 — manometru; *2* — robinet cu trei căi; *3* — tub sifon; *4* — conductă abur.

c) Înaintea manometrului trebuie montat în mod obligatoriu un robinet cu trei căi. Cu ajutorul acestuia manometrul poate fi pus în legătură, fie cu mediul care se măsoară, fie cu atmosfera, atunci cînd se demontează aparatul sau se verifică diviziunea de zero. La verificare, cu ajutorul aceluiași robinet se efectuează legarea în paralel a manometrului de control. Tot cu acesta se realizează suflarea periodică a conductei de legătură și a tubului sifon.

d) Manometrele cu arc trebuie montate în locuri fără vibrații și trepidații, care influențează negativ funcționarea aparatului.

e) Dacă presiunea mediului variază des, ca de exemplu la compresoarele cu piston, înaintea manometrului se montează o diafragmă de amortizare cu diametrul orificiului de trecere egal cu 1—2 mm.

f) Lungimea conductei de legătură între punctul de măsurare și manometru trebuie să fie mai mică decît 50 m; iar în cazul măsurării presiunilor joase (pînă la 5 mm H_2O) de maximum 30 m. Diametrul interior al acestor conducte trebuie să fie de minimum 5 mm la presiuni mari și de 35 mm la presiuni joase pînă la 5 mm H_2O.

g) Dacă conducta de legătură are o lungime mai mare decît 3 m și presiunea de măsurat depășește 3 kgf/cm² se montează în mod obligatoriu un ventil la capătul conductei de legare a manometrului de la punctul de măsurare.

13.4. MĂSURAREA DEBITELOR FLUIDELOR

Debitul care se scurge printr-o secțiune a conductei este egal cu cantitatea de fluid care trece în unitatea de timp.

Unitățile cele mai folosite pentru măsurarea debitelor sînt kgf/h și tf/h cînd se exprimă în greutate și l/h, l/min, m³/h etc. cînd se exprimă în volum.

Transformarea unităților de măsură exprimate în greutate în unități de măsură exprimate în volum se realizează cu formula

$$G = \gamma V, \tag{13.10}$$

în care: G este debitul substanței, în kgf/h;
V — debitul substanței, în m³/h;
γ — greutatea specifică a substanței, în kgf/m³.

Aparatele cu ajutorul cărora se măsoară debitele se numesc *debitmetre*. În cazul în care se măsoară cantităţile de fluid pentru o anumită perioadă de timp aparatele se numesc *contoare*.

Măsurarea debitelor de gaze, de abur şi de lichid se poate efectua cu debitmetre: de laminare, cu căderi de presiune constantă, de viteză, volumetrice.

13.4.1. Debitmetre de laminare

Debitmetrele de laminare se bazează pe principiul dependenţei de debit a căderii de presiune statică a fluidului la scurgerea acestuia printr-o secţiune transversală de laminare.

Debitmetrul de laminare constă dintr-un element de laminare cu diafragmă, ajutaj etc., care se montează pe conducta unde se măsoară debitul, şi dintr-un manometru diferenţial care măsoară pierderea de presiune în acest ajutaj.

Dispozitive de laminare. Ca element de laminare a unui fluid care se scurge în conducte se utilizează: diafragme normale, ajutaje normale, tuburi Venturi. Prin termenul de normal la ajutaje şi diafragme se înţelege că dimensiunile acestora sînt standardizate, iar coeficienţii lor de calcul se cunosc pe bază experimentală şi sînt daţi în tabele.

Diafragma este un disc subţire cu un orificiu circular, al cărui centru coincide cu axa conductei. Presiunile statice ale fluidului înainte şi după diafragmă, care sînt duse la aparatul de măsurat, sînt prelevate de la nişte camere separate sau numai de la nişte orificii separate (fig. 13.16).

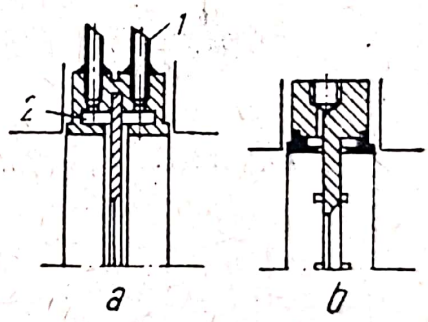


Fig. 13.16. Diafragme normale: *a* — priză de presiune cu camere separate; *b* — idem, în orificii izolate; *1* — prize de presiune; *2* — camere inelare.

Ajutajul este o piesă de formă specială, cu o racordare lină la partea de intrare şi o parte cilindrică dreaptă la partea de ieşire a fluidului (fig. 13.17). Ajutajele sînt mai puţin sensibile la eroziune decît diafragmele şi permit o precizie mai mare de măsurare.

Tubul Venturi este o piesă a cărei secţiune de trecere scade treptat şi apoi creşte treptat pînă la dimensiunile iniţiale. Sînt mai multe construcţii de tuburi Venturi. În fig. 13.18 este reprezentat un tub Venturi de construcţie normală scurtă.

În mod curent se utilizează diafragmele normale, care se pot confecţiona uşor în ateliere. Ajutajele şi tuburile Venturi, deşi au pierderi ireversibile de presiune mai mici decît diafragmele, întrucît sînt mai scumpe şi necesită o execuţie mai dificilă, se utilizează mai rar.

Manometre diferenţiale. Căderea de presiune statică în piesa de laminare se măsoară cu ajutorul manometrelor diferenţiale. Acestea sînt: portative şi stabile.

Manometrele diferenţiale portative sînt destinate măsurătorilor de precizie, lucrărilor de cercetare şi verificării manometrelor diferenţiale fixe. Se construiesc în special ca manometre cu lichid cu un singur tub de sticlă, cu două tuburi de sticlă în formă de U; cu două tuburi de sticlă în formă de U răsturnat. Dintre acestea cele două cu două tuburi în formă de U au o răspîndire mai mare.

Manometrul diferențial portativ în formă de U este construit dintr-un tub în formă de U, umplut pînă la jumătatea sa cu fluid de lucru, de obicei mercur (fig. 13.19). Cele două capete ale tubului se leagă de dispozitivul de laminare. La mijloc se fixează scara de măsură divizată în mm.

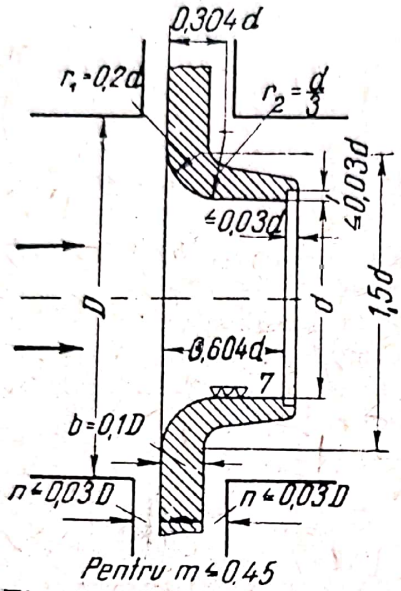


Fig. 13.17. Ajutaj normal.

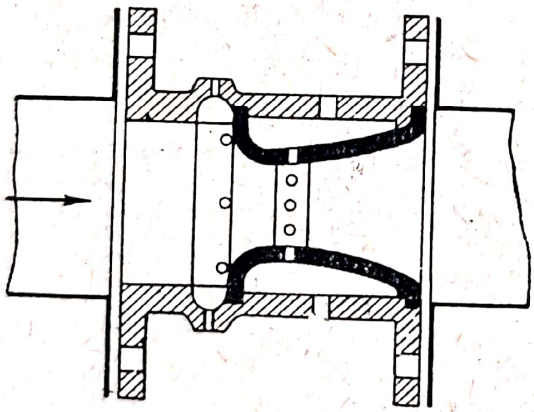


Fig. 13.18. Tub Venturi de construcție normală scurtă.

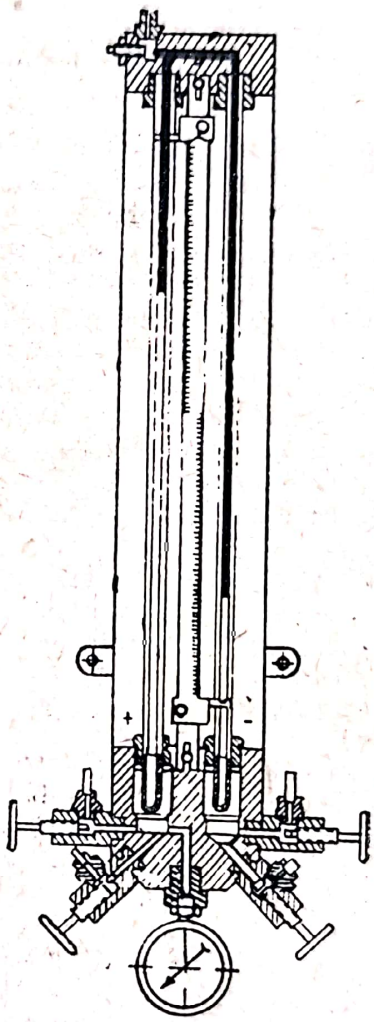


Fig. 13.19. Manometru diferențial portativ în formă de U:
1 — lichid de lucru (mercur).

La măsurarea debitelor de abur sau de apă, spațiul de deasupra mercurului este umplut în prealabil cu apă.

Manometrele diferențiale stabile sînt destinate în special pentru măsurători tehnice și au scările gradate direct în unitățile de debit. După principiul de funcționare se împart în: cu plutitor, cu membrană cu clopot și cu inel. Cele mai răspîndite sînt cele cu plutitor și cele cu membrană. Măsurarea se poate face local sau cu transmitere electrică la distanță.

Manometrul diferențial cu plutitor constă din două vase în formă de U umplute de obicei cu mercur, în vasul lung găsindu-se plutitorul (fig. 13.20). Prin deplasarea plutitorului, în funcție de căderea de presiune măsurată, se transmite indicația nivelului la un ac indicator. Pentru ca scara care se notează în unitățile de debit să fie uniformă, se prevede un dispozitiv special între plutitor

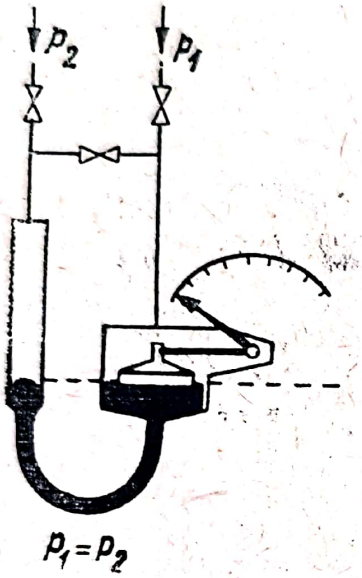


Fig. 13.20. Schema unui manometru diferențial cu plutitor, cu vasele în formă de U:
1 — ventile de închidere;
2 — ventil de egalizare.

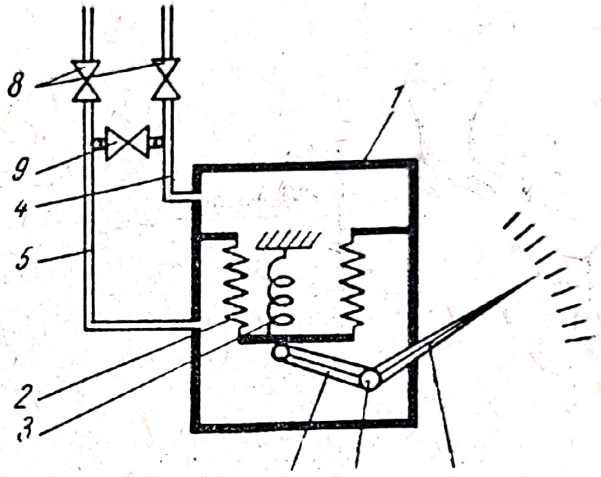


Fig. 13.21. Manometru diferențial cu membrană:
1 — corpul aparatului; *2* — membrană în formă de armonică; *3* — arc antagonist; *4*, *5* — tuburi de legătură; *6* — ax; *7* — pîrghie; *8* — ventile de închidere; *9* — ventil de egalizare; *10* — ac indicator.

și noul indicator, care face ca deviația acului indicator să fie direct proporțională cu debitul. Manometrele diferențiale cu plutitor sînt de clasa 1,5.

Manometre diferențiale cu membrană se realizează dintr-o membrană în formă de armonică și un arc antagonist. Presiunile dinainte și după flanșa de măsură sînt aduse pe cele două fețe ale membranei (fig. 13.21).

În țara noastră se fabrică debitmetrul cu plutitor MO-D-02 pentru măsurarea debitelor de aer, gaze și lichid cu presiunea în conducte pînă la 100 kgf/cm², lichidul de lucru fiind mercurul (tabela 13.11).

Tabela 13.11. **Caracteristicile debitmetrului Mo-D-02 fabricat în R.P.R.**

Clasa de precizie	1,5	
	Apă și abur	Aer
— presiune diferențială de lucru, mm H_2O	1600	1727
	3200	3458
	6400	6908

13.4.2. Montarea debitmetrelor, conductelor de legătură și diafragmelor de măsură

Pentru ca măsurarea debitului să se efectueze cu precizie, nu este suficient să se aleagă numai debitmetre cu clasă de precizie corespunzătoare, dar în egală măsură să se respecte anumite reguli de montaj și anume:

a) Debitmetrul se montează în poziție perfect verticală pe suporți lipsiți de oscilații, astfel încît să se asigure o manipulare ușoară și o citire în condiții bune a aparatului.

b) Ca aparatul să poată funcționa normal, mediul înconjurător trebuie să aibă o temperatură cuprinsă între 10 și 60°C, să nu conțină prea mult praf și să aibă o umiditate admisibilă (30—80%).

c) Lungimea tuburilor de legătură între racordurile dispozitivului de laminare și manometrul diferențial nu trebuie să fie sub 3 m și nici să depășească 50 m.

d) Conductele de legătură se execută de obicei din cupru, iar la presiuni mari se folosesc țevi de oțel cu diametrul interior de minimum 9 mm. La măsurarea debitelor de aer sau de gaze la presiuni joase legăturile se execută cu țevi de gaz de 3/4'', iar dacă aerul sau gazele nu conțin impurități de 1/2'' sau 3/8''.

e) La măsurarea debitelor de lichide se recomandă ca manometrul diferențial să se monteze sub diafragma de măsură. În acest caz, dacă se poate asigura un unghi $\varphi = 45 \cdots 90°C$, astfel încît să nu se producă pungi de gaze (fig. 13.22, *a*), nu se mai montează colectoare de gaze, iar în caz contrar (fig. 13.22, *b*) se montează acestea.

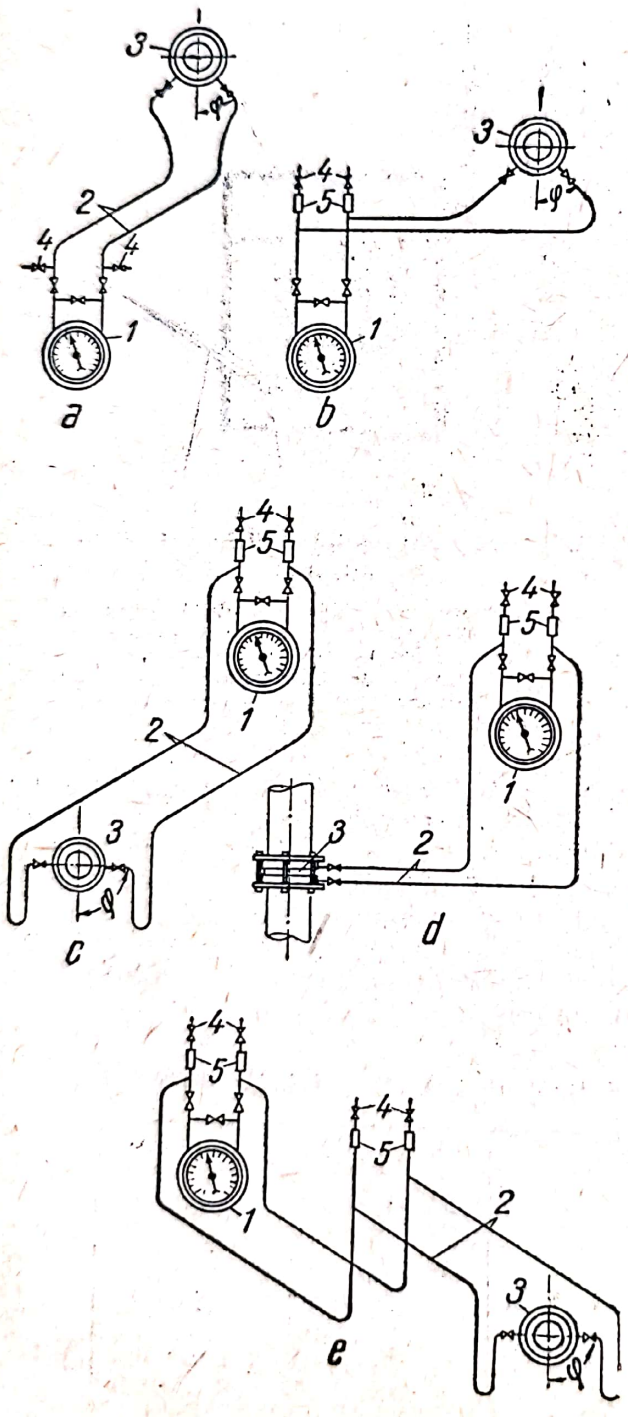


Fig. 13.22. Montarea manometrului diferențial la măsurarea debitelor de lichide:
1 — manometru diferențial; *2* — țevi de legătură; *3* — diafragmă de laminare; *4* — robinet de aerisire; *5* — colector de gaze.

De asemenea se montează colectoare de gaze și robinete de aerisire cînd manometrul diferențial este așezat deasupra diafragmei de laminare (fig. 13.22, *c* și *d*), ca și pe porțiunile de conductă unde este pericol să se formeze pungi de gaze (fig. 13.22, *e*).

f) La măsurarea debitelor de abur, la locul de măsurare se instalează pe fiecare conductă de legătură vase de condensare, montate riguros la același nivel. În fig. 13.23 sînt reprezentate montările corecte ale manometrului diferențial, vaselor de egalizare cu condensație, robinetelor de aerisire. În cazurile fig. 13.23, *b* și *c* se montează și colectoare de gaze.

g) La măsurarea debitelor de aer sau de gaze manometrul diferențial este recomandabil să fie montat deasupra diafragmei de măsură, pentru ca condensatul, care se formează în conductele de legătură, să se poată scurge în conducta prin care se măsoară debitul (fig. 13.24, *a*). În caz contrar (fig. 13.24, *b*) se montează colectoare de condensat și robinete de golire.

h) Diafragmele de măsură se pot monta pe conducte orizontale, verticale sau înclinate, însă cu condiția ca înainte de diafragmă (amonte) și după ea (aval) să existe porțiuni drepte de conductă. Lungimea porțiunii drepte de diafragmă L_2 trebuie să fie de minimum 5 ori diametrul interior al conductei. Lungimea porțiunii drepte dinainte de diafragma L_1 depinde de raportul m

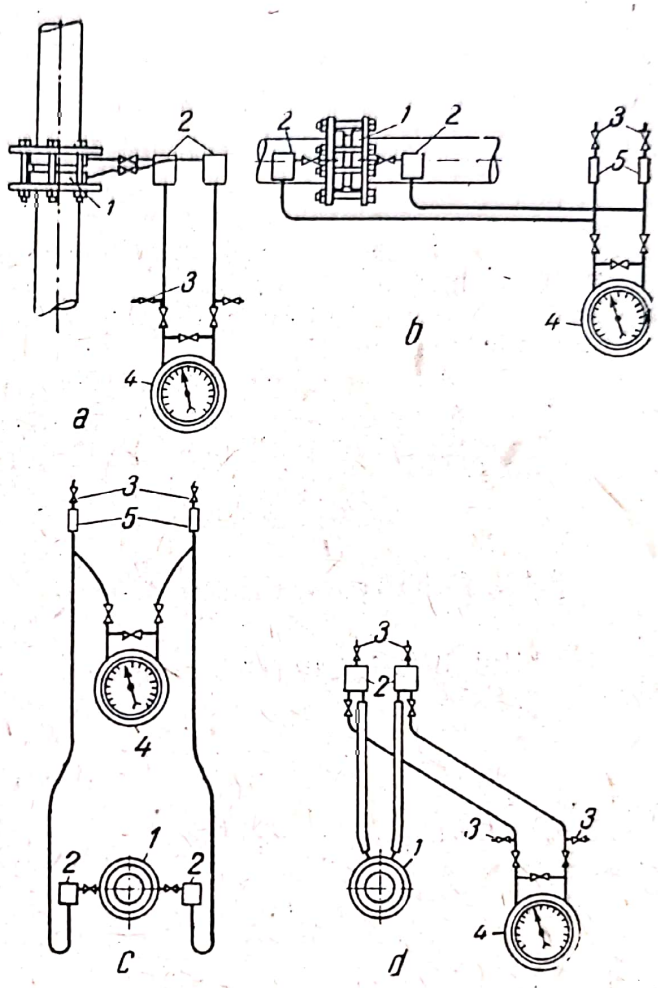


Fig. 13.23. Montarea manometrului diferențial la măsurarea debitelor de abur;

1 — diafragmă de laminare; *2* — vase de egalizare cu condensație; *3* — robinete de aerisire; *4* — manometru diferențial; *5* — colector gaze.

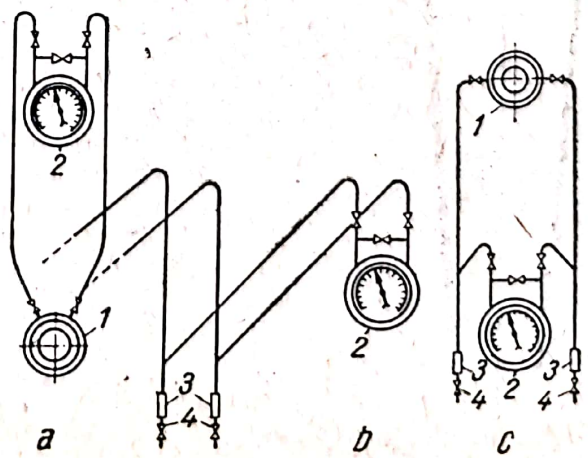


Fig. 13.24. Montarea manometrului diferențial la măsurarea debitului de gaze:

1 — diafragmă de laminare; *2* — manometru diferențial; *3* — colector de condensat; *4* — robinet de golire.

dintre secțiunea de trecere a diafragmei cu diametrul d și cea a conductei cu diametrul interior D

$$m = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$m = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{d^2}{D^2}.$$

La $m = 0{,}1$ lungimea minimă dreaptă L_1 dintre diafragma de măsură și registre, termometre sau ventile etc., se ia de circa 10 D dacă căderea de presiune în diafragmă se măsoară la camerele acesteia, și circa 15 D dacă măsurarea se efectuează prin orificii.

La $m = 0{,}4$ cînd în camere și în față se găsesc coturi simple, registre, ventile, îngustări și conductă, L_1 se ia de circa 10 D; pentru termometre se ia circa 20 D cînd se măsoară diferența de presiune în camere și circa 40 D cînd se măsoară prin orificii.

13.4.3. Debitmetre cu cădere de presiune constantă

Debitul de fluid care se scurge printr-un dispozitiv de laminare este proporțional cu secțiunea F și cu rădăcina pătrată din pierderea de presiune h:

$$G = C F \sqrt{h}, \qquad (13.11)$$

unde C este o constantă.

La debitmetrele cu cădere de presiune constantă se păstrează constant h și se variază F.

Sînt două tipuri folosite: cu plutitor (rotametre) și cu piston.

La rotametre măsurarea debitului se efectuează cu un plutitor în suspensie în interiorul fluidului al cărui debit se măsoară. Rotametrele se utilizează atît în condiții de laborator cît și în industrie.

Rotametrul (fig. 13.25) constă dintr-un convertical de sticlă sau de metal, în interiorul căruia se află liber un plutitor. Diametrul plutitorului este mai mic decît diametrul conului pînă la reperul maxim. Poziția plutitorului este determinată de egalitatea dintre căderea de presiune a curentului care acționează asupra plutitorului și greutatea plutitorului în lichid. Aceasta se măsoară direct pe scara aparatului gradată în unități de debit. Eroarea rotametrului nu depășește $\pm 2{,}5\%$ din limita superioară de măsurare.

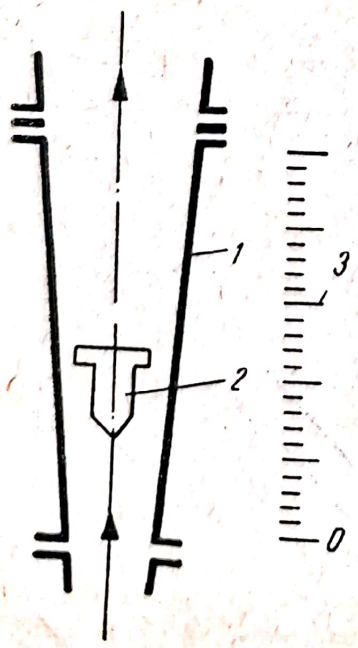


Fig. 13.25. Schema unui rotametru:
1 — tub conic vertical; 2 — plutitor; 3 — scară gradată.

13.4.4. Debitmetre de viteză

Debitmetrele de viteză măsoară debitul prin determinarea vitezei medii, secțiunea de trecere fiind păstrată constantă. Debitul în volume al unui fluid V este dat de produsul dintre secțiunea de scurgere S și viteza medie W_{med}:

$$V = W_{med} \cdot S. \qquad (13.12)$$

Constructiv acestea se împart în: contoare de viteză; anemometre; tuburi hidrodinamice.

Contoarele de viteză pentru lichide se utilizează în special pentru măsurarea debitelor de apă și de aceea se numesc și *apometre*. Pot fi folosite și la măsurarea altor fluide. În principiu, elementul de măsurare constă dintr-un rotor cu palete, care este rotit de curentul lichidului a cărui debit se măsoară. Axul rotorului este cuplat cu mecanismul contor al aparatului.

Turația rotorului este proporțională cu viteza medie a curentului, și deci proporțională cu debitul de lichid (fig. 13.26).

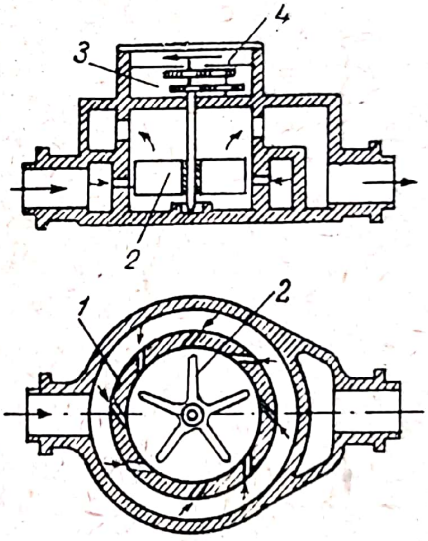


Fig. 13.26. Schema de principiu a unui apometru:
1 — carcasă; *2* — rotor; *3* — mecanism de transmitere; *4* — mecanism contor.

13.4.5. Debitmetre volumetrice

Principiul de funcționare al debitmetrelor volumetrice se bazează pe măsurarea numărului de umpleri al unei anumite camere de o capacitate cunoscută. Se utilizează în special la măsurarea debitelor de apă și de petrol. Clasa de precizie a aparatelor este de 1 și 1,5.

13.5. MĂSURAREA COMPOZIȚIEI GAZELOR DE ARDERE

Aparatele folosite pentru determinarea cantitativă a compoziției gazelor de ardere se numesc *analizoare de gaze*. Acestea sînt: de laborator și tehnice. Analizoarele tehnice, în funcție de modul în care se face analiza, sînt: analizoare manuale și analizoare automate.

Analizoarele de laborator și cele tehnice manuale se realizează ca aparate chimice. Analizoarele automate se construiesc după principiul fizic, respectiv mecanic, electric, magnetic și permit măsurarea continuă a compoziției gazului.

Analizoarele de gaze permit stabilirea conținutului procentual de bioxid de carbon (CO_2), oxid de carbon (CO), metan (CH_4), hidrogen (H_2) și oxigen (O_2).

13.5.1. Analizoare chimice de gaze

Analizoarele chimice de gaze se bazează pe principiul reducerii volumului probei de gaz colectate prin absorbirea selectivă cu substanțe chimice a componentului analizat. Ele sînt de tipul pentru laborator și manuale pentru industrie.

În aparatele construite de VTI pentru analiza completă a gazelor prin metoda chimică, pe lîngă CO, CO_2 și O_2 se determină și procentele de H_2 și CH_4.

13.5.2. Analizoare automate de gaze

Pentru măsurătorile industriale se utilizează analizoare automate de gaze care realizează în mod continuu și automat analiza gazelor. Acestea, în funcție de principiul de măsurare, sînt: chimice, mecanice, electrice și magnetice.

Analizoarele chimice automate de gaze se construiesc pentru măsurarea uneia din următoarele mărimi: CO_2; O_2; H_2; CH_4; CO_2 și $CO + H_2$. Clasa de precizie a aparatelor este de 2,0—2,5 la măsurarea CO_2 și de 7—8 la măsurarea $CO + H_2$.

Analizoarele mecanice automate de gaze se bazează pe comportarea greutăților specifice ale aerului și amestecului de gaze. Cu ajutorul acestora se poate determina conținutul procentual de CO_2 în volume din amestecul gazos analizat.

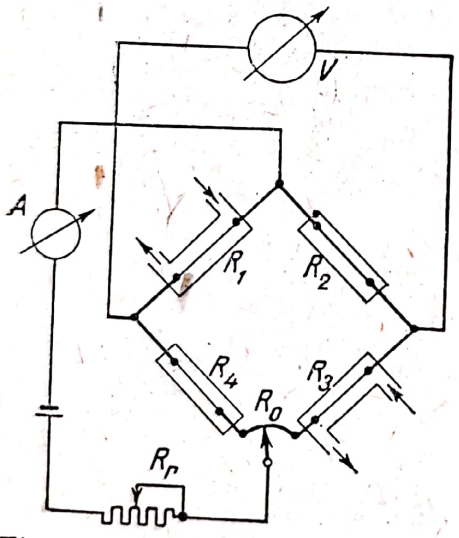


Fig. 13.27. Schema de principiu a analizorului electric de gaze pentru CO_2.

Aceste analizoare sînt mai puțin precise decît cele chimice (clasa de precizie 2,5), însă în schimb dau indicație continuă.

Analizoare electrice automate de gaze. Se construiesc pentru măsurarea automată a: CO_2, $CO + H_2$; CO_2 și $CO + H_2$. Acestea sînt construite cu precizie mult mai mare decît analizoarele precedente.

Analizorul electric de gaze pentru CO_2 se bazează pe principiul măsurării conductivității termice a unui amestec de gaze.

În principiu, analizorul electric de gaze pentru CO_2 (fig. 13.27), constă dintr-o punte electrică neechilibrată, formată din rezistențele electrice R_1, R_2, R_3 și R_4, cu ajutorul căreia se determină conductivitatea termică a gazelor și pe această bază conținutul de CO_2. Brațele punții R_1 și R_3 executate din sîrmă de platină subțire sînt montate în camerele prin care trece gazul care se analizează. Brațele R_2 și R_4, executate din aceeași sîrmă de platină se află în camere umplute cu aer. Pentru a se reduce influența temperaturii exterioare, cele patru rezistențe trebuie să fie egale ($R_1 = R_2 = R_3 = R_4$).

Prin trimiterea unui curent electric constant în brațele punții, reglarea făcîndu-se prin reostatul R_T, înfășurările de platină se încălzesc la o temperatură determinată.

Puntea este astfel echilibrată încît milivoltmetrul să indice zero la trecerea aerului prin camerele de măsură R_1, R_3. Dacă însă prin aceste camere se trece

gazul de analizat, care are un anumit conținut de CO_2, din cauza conductivității termice diferite a gazului, temperatura brațelor R_1 și R_3 se modifică și prin urmare se schimbă și rezistența lor. Puntea se dezechilibrează și valoarea dezechilibrului se măsoară cu milivoltmetrul, care poate fi gradat direct în procente de CO_2.

Analizoarele magnetice automate pentru oxigen măsoară cantitatea de oxigen conținută într-un gaz bazîndu-se pe diferența proprietăților magnetice ale gazelor.

13.6. ÎNTREȚINEREA ȘI VERIFICAREA APARATELOR DE MĂSURAT

Pentru asigurarea unei funcționări corecte a aparatelor de măsură, este necesar ca în timpul exploatării să se efectueze întreținerea și reparația acestora de către personalul de specialitate. În cazul în care întreprinderea dispune de un laborator termotehnic, sarcina întreținerii, reparațiilor și a unora din verificări cade în seama personalului acestuia.

În acest scop, laboratorul termotehnic trebuie să aibă o autorizație eliberată de organele de stat pentru metrologie, care îi dă dreptul să execute verificări periodice și reparația instrumentelor de măsurat termice.

Laboratorul termotehnic dispune de echipament pentru etalonarea, controlul, verificarea și punerea la punct a aparatelor de măsurat termice, de standuri de control pentru verificarea manometrelor, debitmetrelor, termometrelor etc., precum și de aparate mobile pentru ridicarea caracteristicilor la probele agregatelor principale.

Pentru repararea aparatelor umplute cu mercur, în laborator trebuie să existe o încăpere specială echipată în conformitate cu normele de tehnica securității muncii.

Aparatele de măsurat, principale, sînt supuse unei verificări de stat obligatorii și anume a Direcției de Verificări Metrologice (D.V.M.) din cadrul Direcției Generale pentru Metrologie, Standarde și Invenții.

Verificările de stat a aparatelor de măsurat trebuie obligatoriu să fie efectuate în termenele stabilite prin instrucțiunile organelor de stat pentru metrologie (tabela 13.12). Verificarea obligatorie se efectuează la toate aparatele de măsurat cărora li s-a făcut o reparație capitală.

Tabela 13.12. **Termenele pentru verificările de stat ale măsurărilor și aparatelor de măsurat termotehnice** (conform instrucțiunilor S.I.2-57 ale D.V.M.)

Nr. crt.	Felul măsurărilor	Termen de verificare — ani
1	Termometre tehnice și industriale cu mercur și alte lichide	3
2	Termometre manometrice bimetalice etc.	
	a. Pînă la 100°C inclusiv: cu tijă scurtă; cu tijă lungă	3
	b. Peste 100°C: cu tijă scurtă, cu tijă lungă	3
	c. De la 0—120°C cu cablu	F
3	Termometre cu rezistență electrică sau cu termocupluri:	
	a. Termocupluri, termorezistențe, cabluri de compensație	1
	b. Termorezistențe etalon cu buletin de comparație	1/2

Nr. crt.	Felul măsurărilor	Termen de verificare—ani
	c. Aparate indicatoare: milivoltmetre, logometre, compensatoare, pirometre	1
	d. Rezistenţe de linie	1
4	Manometre şi vacuumetre model, cu buletin de comparaţie	1
5	Manometre şi vacuumetre cu lichide, uzuale	FR
6	Manometre model sau similare, cu precizie, cu un singur sau două ace indicatoare, cu buletin de comparaţie	1
7	Manometre metalice uzuale cu un singur ac sau cu două ace indicatoare	1
8	Vacuumetre metalice model sau similare ca precizie, buletin de comparaţie	1
9	Vacuumetre metalice uzuale	1
10	Micromanometre metalice uzuale, manometre diferenţiale	1
11	Manometre sau vacuumetre înregistratoare sau cu contact electric	1
12	Contor de apă (apometru)	2
13	Contoare de gaze (gazometre)	3
14	Debitmetre diferenţiale	1
15	Indicatoare de nivel diferenţiale	1
16	Indicatoare de tiraj diferenţiale	1
17	Aparate pentru analiza gazelor	1

Observaţii: F — aparatul se verifică numai la fabricaţie
FR — aparatul se verifică la fabricaţie şi reparaţie

În intervalele dintre verificările de stat se efectuează de laboratorul termotehnic verificări periodice ale aparatelor de măsurat.

În instrucţiunile elaborate de către DGMSI se dau indicaţii amănunţite pentru verificarea aparatelor de măsurat termotehnice.

Scanned with OKEN Scanner

XIV

AUTOMATIZAREA INSTALAȚIILOR

14.1. GENERALITĂȚI

Automatizarea unei instalații se realizează printr-un complex de dispozitive care au drept scop să regleze, să urmărească și să protejeze instalația respectivă. Cele mai importante dispozitive de automatizare sînt: reglarea automată, comanda la distanță, protecția termică și electrică, controlul termotehnic (măsurarea), comanda automată, blocarea, semnalizarea tehnologică, semnalizări de manevră și comunicațiile telefonice între secțiile tehnologice.

Dispozitive de automatizare. Instalațiile automatizate, în funcție de gradul lor de automatizare, cuprind o parte sau toate dispozitivele enumerate.

Reglarea automată. Prin reglare se înțelege menținerea constantă, sau după o anumită lege, a valorilor unor mărimi impuse de realizarea unui anumit proces tehnologic. Reglarea automată se realizează fără participarea omului prin regulatoare automate.

Comanda la distanță are ca scop să efectueze conducerea la distanță a acțiunii organelor de reglare a unor instalații izolate. Astfel de la distanță se comandă deschiderea de ventile, pornirea motoarelor etc.

Comanda automată. Prin comandă automată se înțelege efectuarea, fără intervenția omului, a unei anumite operații în procesul tehnologic, impulsul de comandă fiind dat însă de o mărime independentă de cea influențată prin această comandă. Astfel, la centrale electrice, un dispozitiv automat comandă punerea în funcțiune a pompei de apă de rezervă în cazul ieșirii din funcțiune în urma defectării a unei alte pompe.

Protecția termică, electrică și mecanică. Dispozitivele de protecție termică, electrică sau mecanică au rolul de a semnala apariția unei funcționări necorespunzătoare a instalației protejate și de a interveni pentru limitarea sau chiar prevenirea defectelor.

Controlul termotehnic are ca scop să măsoare diferitele mărimi din procesul tehnologic, astfel încît să se poată asigura supravegherea continuă a funcționării instalației. Aceasta se realizează cu aparate de măsurat termice, electrice și mecanice.

Blocarea. Dispozitivele de blocare automată sînt destinate ca să împiedice efectuarea de către personal sau de către instalația de automatizare, a unor operații necorespunzătoare, care ar putea proveni din neglijența personalului sau în urma unei defecțiuni a instalației de reglare automată.

Scanned with OKEN Scanner

Semnalizarea tehnologică. Dispozitivele pentru semnalizare tehnologică au rolul de a înștiința personalul de apariția unei schimbări în regimul normal, de a arăta poziția unor elemente ale instalației, de a arăta dacă o instalație funcționează etc.

Semnalizarea de manevră permite transmiterea unor semnale de la un post de conducere operativă la locul de manevră și în unele cazuri efectuează și confirmarea recepționării acestora.

Comunicații telefonice. Dispozitivele prin telefonie cu fir sau unde dirijate, permit convorbirile de serviciu al personalului de exploatare din diferite posturi de comandă sau manevră.

Automatizarea prezintă importante avantaje tehnice, economice și sociale. Din punct de vedere tehnic permite o precizie și o fidelitate mult mai mare în executarea comenzilor. În ceea ce privește aspectul economic, automatizarea aduce avantaje importante prin economiile obținute prin reducerea consumului de combustibil și de materii prime, prin reducerea personalului, prin mărirea capacității de producție a instalațiilor etc.

Din punct de vedere social, automatizarea ușurează munca și îmbunătățește condițiile de lucru ale personalului, schimbă caracterul muncii prestate de personalul de exploatare și impune ridicarea calificării acestuia.

14.2. REGULATOARE AUTOMATE

Instalația de reglare automată, care se mai numește și *regulator*, este un automat cu ajutorul căruia se realizează reglarea automată a funcționării unei instalații tehnologice.

Instalația tehnologică sau elementul reglat constă din instalația, sau parte din instalația tehnologică care se reglează automat.

Sistemul automat constă din ansamblul instalației tehnologice care se reglează și din regulatorul care efectuează reglarea automată. De exemplu, în cazul reglării nivelului apei într-un rezervor, rezervorul (elementul reglat) împreună cu regulatorul de apă constituie sistemul automat.

14.2.1. Elementele instalației de reglare automată

În principiu, o instalație de reglare automată cuprinde următoarele elemente principale (fig. 14.1): *1* — traductorul de măsură al mărimii de reglat, care în automatizare se numește traductorul de reacție, măsoară mărimea de reglat (presiune, temperatură, nivel etc.) transformînd-o într-o mărime mecanică sau electrică (mărime de reacție); *2* — traductorul mărimii de referință, care introduce în instalația de reglare automată mărimea de referință; *3* — elementul de comparație, care compară mărimea măsurată (mărimea de reacție) cu mărimea de referință și rezultatul îl transmite elementului următor; *4* — regulatorul sau amplificatorul primește rezultatul comparației de la elementul de comparație sub forma unui semnal slab, îl amplifică ca forță și îl trimite sub forma unei mărimi de comandă elementului următor; *5* — elementul de execuție, sau servomotorul (un motor electric, hidraulic sau pneumatic), care, în funcție de mărimea

de comandă primită de la regulator, antrenează elementul de reglare din instalaţia care se automatizează (vane, ventile, clapete etc.). În afară de aceste elemente, instalaţia de reglare automată mai dispune în general de un element de reacţie secundară *6*. Acesta se mai numeşte şi *element de întoarcere* şi intro-

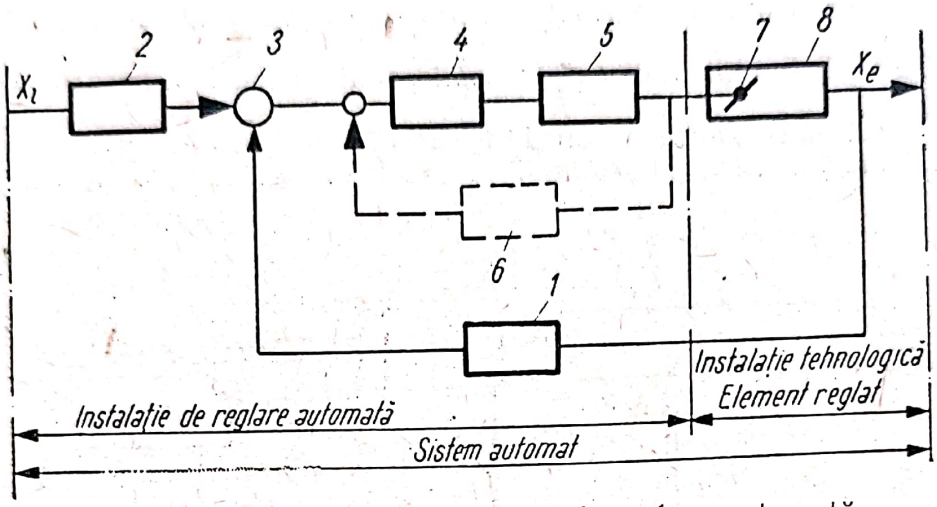


Fig. 14.1. Schema unei instalaţii de reglare automată cu elementele principale:

1 — traductorul de măsură al mărimii de reglat (traductor de reacţie); *2* — traductorul de introducere a mărimii de referinţă; *3* — element de comparaţie; *4* — regulator sau amplificator; *5* — element de execuţie (servomotor); *6* — element de reacţie secundară; *7* — vană sau ventil; *8* — instalaţie tehnologică sau element reglat; X_e — mărimea de reglat; X_i — mărimea impusă.

duce în elementul de comparaţie, sau după acesta, o mărime proporţională cu poziţia elementului de execuţie sau a debitului de fluid din instalaţia tehnologică, în vederea măririi stabilităţii de funcţionare a instalaţiei de reglare automată.

În cele ce urmează, prin regulator se înţelege ansamblul elementelor enumerate care formează instalaţia de reglare automată.

14.2.2. Clasificarea regulatoarelor

După parametrul de reglat, regulatoarele pot fi: de turaţie (de exemplu reglează turaţia turbinei), de tensiune (de exemplu reglează tensiunea generatorului), de temperatură, de presiune, de debit, de nivel, de frecvenţă etc.

După cum posedă sau nu sursă auxiliară de energie şi deci şi element de execuţie sau servomotor, regulatoarele pot fi: directe (fără servomotor) şi indirecte (cu servomotor).

În funcţie de natura sursei auxiliare de energie, regulatoarele cu acţiune indirectă pot fi: hidraulice (la care se foloseşte în servomotor ulei sau apă sub presiune), pneumatice (cu aer sub presiune), electrice şi electronice.

Dintre acestea se vor trata regulatoarele cu acţiune indirectă hidraulice, pneumatice şi electronice care se întîlnesc mai des în instalaţiile termotehnice.

a) *Regulatoarele hidraulice cu jet mobil* utilizează energia de mişcare a jetului de ulei, pe care o transformă în energie de presiune. Valoarea presiunii,

ca și sensul de exercitare asupra pistonului servomotorului variază în funcție de poziția jetului mobil (fig. 14.2).

Uleiul sub presiune trece prin tubul mobil vertical *1*. În funcție de poziția tubului, determinată de valoarea mărimii măsurate (reacție) și a mărimii de referință, se trimite ulei sub presiune în unul din orificiile *6* sau *7*, prin care se alimentează servomotorul, fie pe fața superioară, fie pe cea inferioară a pistonului acestuia.

Regulatoarele hidraulice cu jet mobil pot fi cu sau fără reacție secundară (întoarcere).

În fig. 14.2 se indică modul de legare al regulatorului cu jet mobil fără reacție secundară. Variația presiunii în conductă este sesizată de traductorul

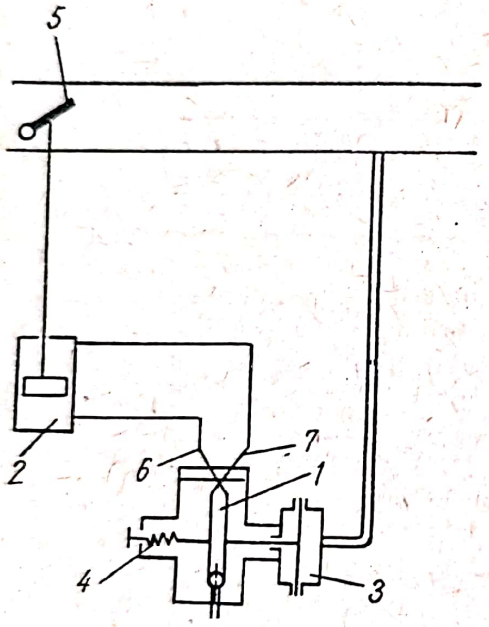


Fig. 14.2. Regulator hidraulic cu jet mobil fără reacție secundară (întoarcere):

1 — tub mobil cu jet; *2* — element de execuție (servomotor); *3*—element de măsurat; *4* — arc antagonist (introducerea mărimii de referință); *5*— vană; *6* și *7* — orificii pentru ulei.

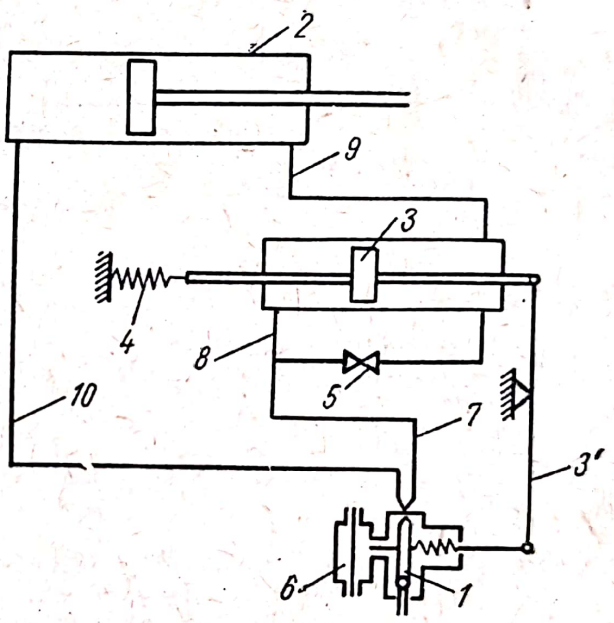


Fig. 14.3. Regulator hidraulic cu jet mobil cu reacție secundară elastică:

1 — tub cu jet mobil; *2* — servomotor; *3* și *3''* — elemente de reacție elastică; *4* — arc; *5* — ventil pentru varierea timpului de reacție; *6* — element de măsurat (traductor de reacție); *7*, *8*, *9* și *10* conducte de legătură.

de măsurat (traductorul de reacție) *3*, care transformă această variație de presiune într-o forță, ce se exercită de membrană. Traductorul mărimii de referință care constă aci din arcul antagonist *4*, introduce mărimea de referință sub forma unei forțe antagoniste. Diferența dintre forța produsă de elementul de măsurat (traductorul de reacție) și cea produsă de elementul de referință, este măsurată de poziția tubului mobil *1* care dă mărimea de dirijare. În funcție de poziția sa, tubul cu jet mobil trimite uleiul sub presiune (produs de o sursă de energie separată) la elementul de execuție *2*. Servomotorul constă dintr-un cilindru cu piston care primește uleiul sub presiune de la jetul mobil și acționează vana *5*.

Pentru mărirea stabilității de funcționare, regulatorul cu jet mobil poate fi prevăzut cu reacție secundară elastică (fig. 14.3). Reacția secundară se reali-

zează în modul următor: la o deplasare la dreapta a tubului cu jet mobil, uleiul sub presiune este trimis prin conducta 7; în primul moment, deoarece ventilul 5 este închis parțial, se opune o mare rezistență hidraulică uleiului, care are viteza mare, și majoritatea uleiului se scurge prin tubul 8, iar prin împingerea pistonașului 3 trimite ulei prin tubul 9 în servomotorul 2. Prin deplasarea pistonașului 3 se introduce prin pîrghia 3' acțiunea de reacție secundară la tubul cu jet mobil. După un interval de timp care depinde de deschiderea ventilului 5, arcul 4 readuce pistonașul 3 în poziție normală și prin aceasta tija 3' vine în poziția inițială și se anulează acțiunea de reacție secundară.

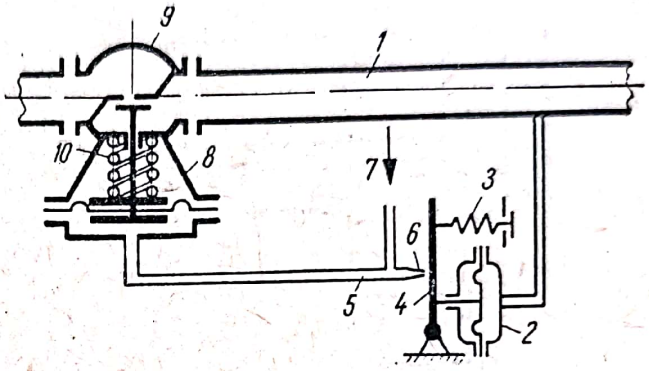


Fig. 14.4. Schema principială de funcționare a unui regulator pneumatic:

1 — instalația tehnologică (conducta în care se menține constantă presiunea aburului); *2* — traductor de reacție (element de măsurat); *3* — arc (traductor pentru mărimea de referință); *4* — plăcuță de reglare (element de comparație); *5* — amplificator (regulatorul propriu-zis); *6* — orificiu; *7* — debit de aer sub presiune; *8* — servomotor; *9* — ventil de reglare; *10* — arc antagonist.

— b) *Regulatoare pneumatice*. Regulatoarele pneumatice (fig. 14.4) cu acțiune indirectă utilizează ca sursă de energie pentru amplificarea și acționarea servomotorului aerul sub presiune.

Variațiile de presiune din conducta *1* (instalația tehnologică) sînt sesizate de elementul de măsurat (traductorul de reacție) *2*, care transformă variațiile de presiune în variații de forță, pe care le compară cu forța dată de arcul de referință *3*. Rezultanta se traduce printr-o rotire corespunzătoare a plăcuței *4*, care constituie elementul de comparație. Deviațiile acestei plăcuțe sînt amplificate prin variera presiunii în conducta de aer *5*, obținută prin strangularea mai mult sau mai puțin a orificiului deschis în atmosferă *6*. În funcție de presiunea exercitată de aer asupra membranei servomotorului, în opoziție cu acțiunea arcului *10* a acestuia, se stabilește o anumită deschidere a ventilului *9*.

Regulatoarele pneumatice se utilizează pe scară mare în industria chimică și în unele cazuri și pentru reglarea automată a cazanelor de abur.

In R.P.R. s-a început fabricarea de regulatoare pnmeuatice cu toate elementele anexe.

c) *Regulatoare electronice*. Regulatorul electronic constă în principal din următoarele elemente (fig. 14.5): traductoarele de măsură (traductoare de reacție), traductorul de introducere a mărimii de referință, elementul de comparație, blocurile electronice de amplificare și de forță, amplificatorul, servomotorul și alte elemente anexe.

Ca traductoare de măsurat pot fi utilizate orice aparate de măsurat prevăzute cu elemente de transformare a parametrului măsurat în tensiune sau curent electric.

Impulsurile de măsură sînt comparate în elementul de comparație *3* cu mărimea etalon sau de referință, dată de traductorul programator *2*. Diferența dintre acestea este amplificată întîi în blocul electronic *4*, iar mărimea ampli-

ficată intră în blocul electronic de forță *5*. Acesta, la rîndul său comandă amplificatorul *6*, care constă dintr-un fel de întrerupător-comutator care, în funcție de poziția sa, alimentează cu curent trifazat servomotorul *8*.

Servomotorul *8* constă dintr-un motor electric care se rotește într-un sens sau în celălalt, în funcție de polaritatea fazelor, dictată de poziția amplificato-

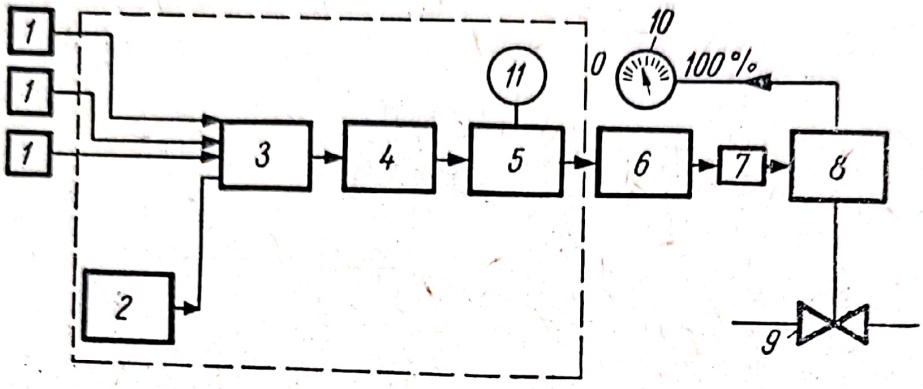


Fig. 14.5. Schema principială a regulatorului electronic:

1 — traductor de măsură al mărimii de reglat (traductor de reacție); *2* — traductorul de introducere al mărimii de referință; *3* — element de comparație; *4* — bloc electronic de amplificare; *5* — bloc electronic de forță; *6* — amplificator; *7* — cheie pentru comandă la distanță; *8*—servomotor (element de execuție); *9*—ventil; *10*—indicator de poziție; *11* — indicator pentru controlul funcționării regulatorului;

rului *6*. Servomotorul antrenează deplasarea ventilului de reglare *9*. Indicatorul de poziție *10* arată la tabloul cazanului sau în camera de comandă poziția în care se găsește ventilul de reglare, iar indicatorul *11* arată dacă regulatorul funcționează.

Blocul de amplificare electronic *4*, ca și blocul electronic de forță *5*, sînt realizate prin montaje cu lămpi electronice sau mai recent cu tranzistoare.

14.3. AUTOMATIZAREA INSTALAȚIILOR TERMICE

Automatizarea unei instalații termice constă în reglarea automată, comanda la distanță, protecția, măsura, comanda automată etc. a proceselor tehnologice care au loc în instalația respectivă. În funcție de gradul de automatizare, se cuprind toate elementele menționate, sau numai parte din ele.

În schemele de automatizare a instalațiilor termice se utilizează o serie de simboluri grafice (v. anexa 3). Aparatele de măsurat se notează cu cercuri, iar regulatoarele cu dreptunghiuri sau pătrate. În interiorul semnului care indică aparatul de măsurat se notează sus cu o literă mărimea care se măsoară, iar jos funcția de: indicator (*I*), înregistrator (*Ig*), contor sau integrator (*In*), semnalizare (*S*).

14.3.1. Scheme principiale de măsurare

Aparatele de măsurat sau numai indicatoarele acestora se montează, fie la fața locului, fie pe panourile de la fața locului sau din camera de comandă. La orice aparat se arată elementul sensibil și locul unde este amplasat aparatul indicator.

În fig. 14.6 este reprezentat planul cu schema aparatelor de măsurat a unei părți dintr-o instalație termică. Procesul tehnologic al instalației este

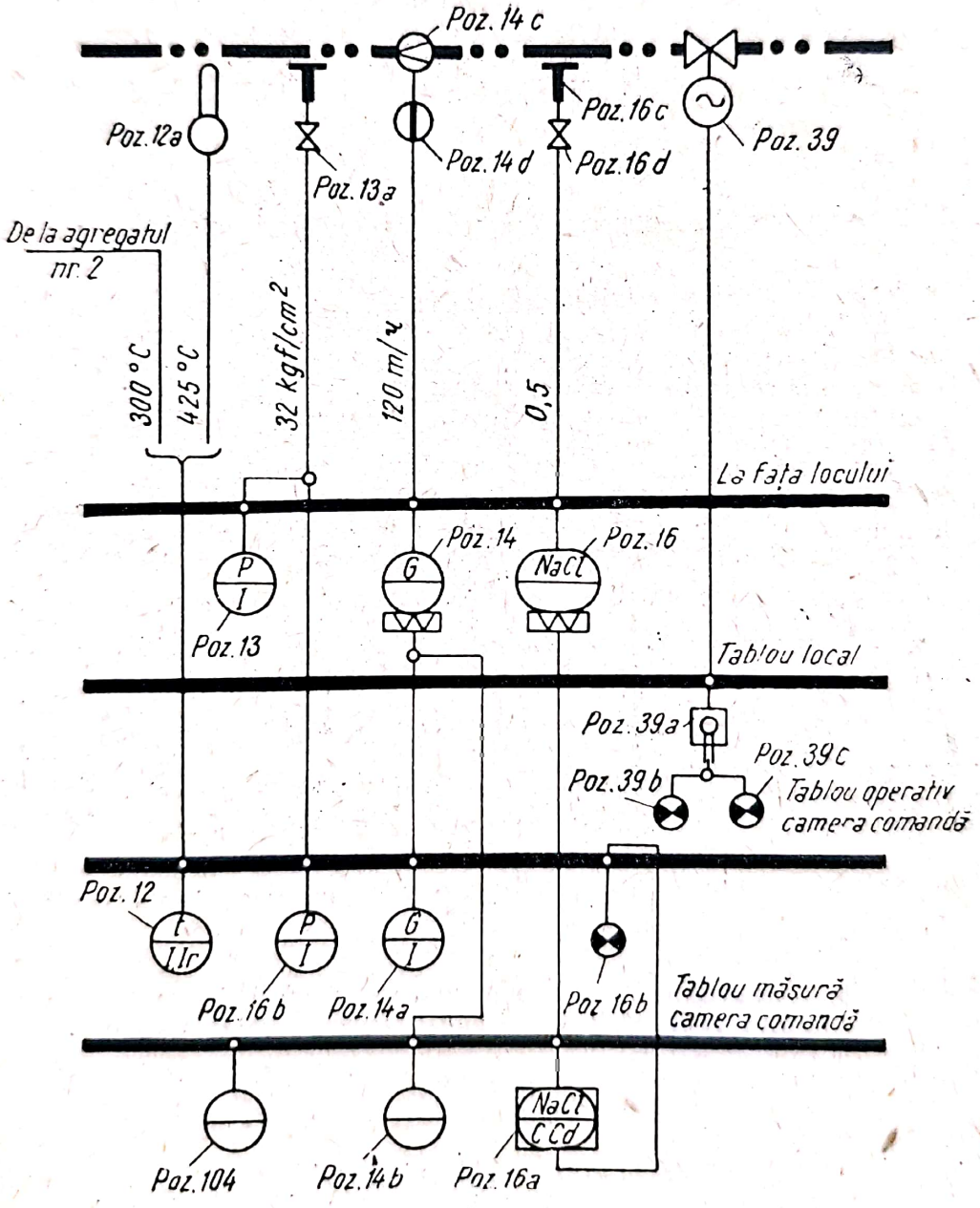


Fig. 14.6. Schema principială de măsurat și semnalizare a unei instalații termice.

reprezentat prin linie groasă cu puncte. Pe aceasta este montat un ventil antrenat de un motor electric comandat de cheie (poz. *39*, *a*). Cheia este montată pe tabloul local (legătura balustrată pe linia care reprezintă tabloul local). Două lămpi de control (pozițiile *39*, *b*) arată dacă ventilul este deschis sau închis.

Circuitul de măsură a temperaturii are ca element de măsurat un termocuplu (poz. *12*, *a*). Măsurarea temperaturii se face cu aparatul indicator și înregistrator (poz. *12*) montat pe tabloul operativ din camera de comandă.

Presiunea este măsurată cu circuitul *13*. Două manometre, unul indicator la fața locului (poz. *13*) și un al doilea tot indicator montat pe tabloul operativ din camera de comandă (poz. *13*, *b*) permit măsurarea presiunii.

Debitul este măsurat cu ajutorul diafragmei (poz. *14*, *c*), a traductorului diferențial (poz. *14*) și aparatele indicator (poz. *14*, *a*) și indicator și înregistrator (*14*, *b*) din camera de comandă.

În circuitul *16* se măsoară și se semnalizează conținutul de clorură de sodiu din această instalație.

14.3.2. Scheme de reglare automată a cazanelor de abur

Pe baza studierii procesului tehnologic s-a ajuns la concluzia că pentru reglarea automată a unui cazan de abur cu tambur, cu cărbune pulverizat, se poate lua de exemplu ca bază schema principială din fig. 14.7. Variațiile presiunii de abur comandă simultan debitul de combustibil și debitul de aer, iar depresiunea în focar comandă debitul de gaze de ardere. Debitul de abur,

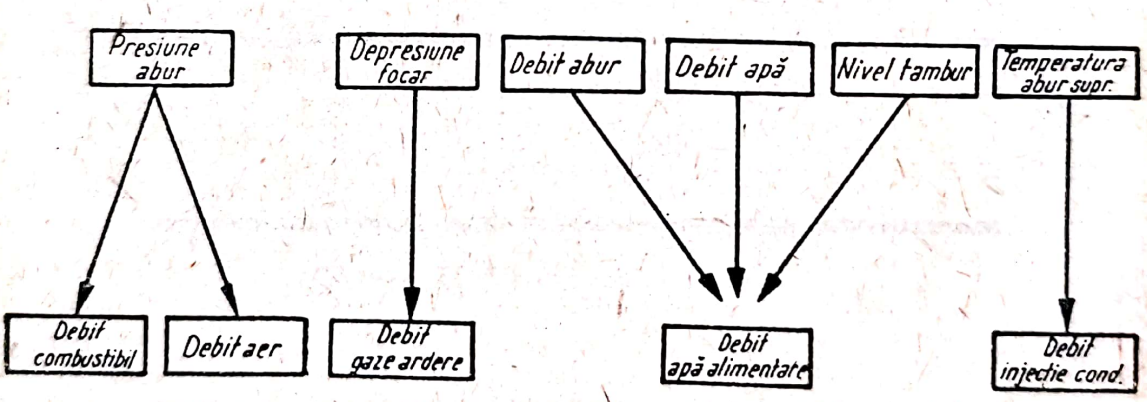


Fig. 14.7. Schema cu blocuri a reglării automate a unui cazan de abur cu tambur.

debitul de apă și nivelul în tambur comandă debitul de apă de alimentare, iar temperatura aburului supraîncălzit acționează asupra debitului de condensat de injecție.

În fig. 14.8 este reprezentată schema constructivă a acestui cazan, realizată cu regulatoare hidraulice cu jet mobil. Aceasta respectă schema principială din fig. 14.7.

În funcție de variația presiunii aburului, regulatorul de combustibil R_C comandă simultan, prin intermediul axului de comandă A, debitul de combustibil (prin varierea poziției reostatului R_e) și debitul de aer (prin poziția pe care o ia cama C_2 care comandă regulatorul R_A). Regulatorul de combustibil

primește un impuls de sens contrar de la poziția axului A, prin intermediul camei C_1 care acționează asupra tubului cu jet mobil (reacție secundară).

Regulatorul de aer primește un impuls de sens contrar (reacție secundară) în funcție de debitul de aer de ardere, măsurat ca diferență de presiune între intrarea și ieșirea din preîncălzitorul de aer.

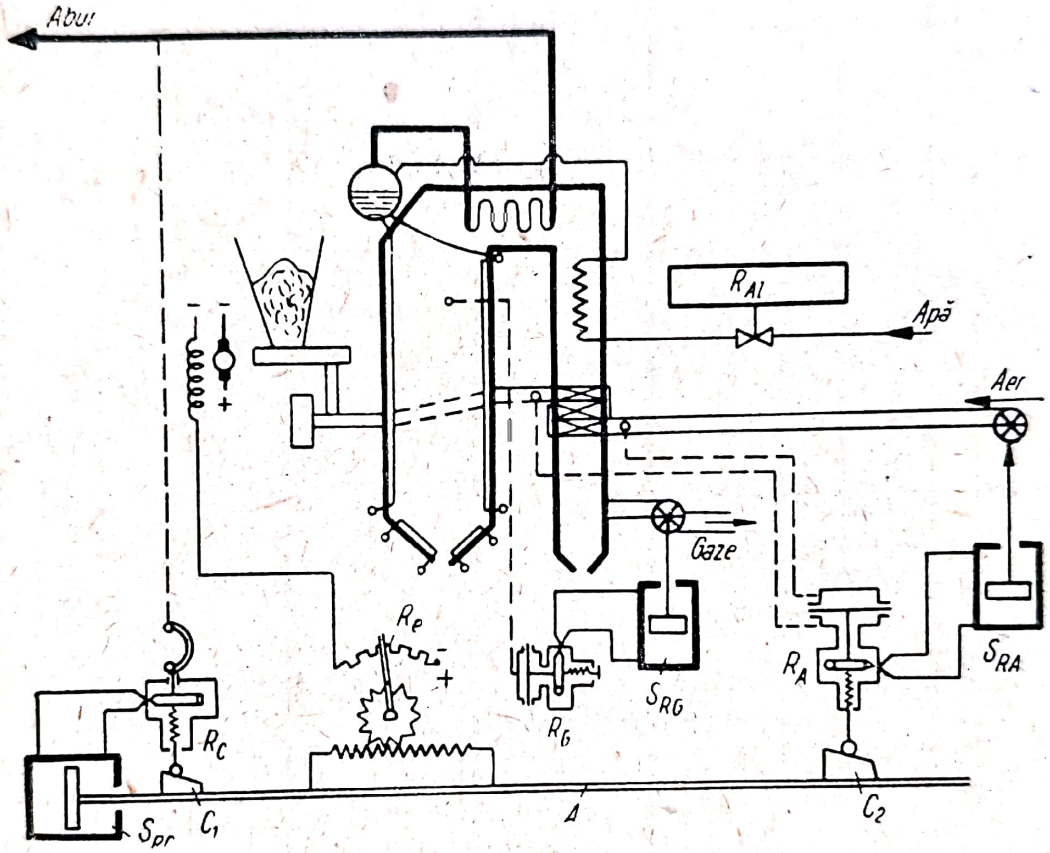


Fig. 14.8. Schema constructivă a instalației de reglare automată a unui cazan de abur cu tambur, cu regulatoare hidraulice cu jet mobil:

R_C — regulator de combustibil; Re — reostat al motorului de curent continuu al alimentatorului de cărbune; R_G — regulator de gaze de ardere; R_A — regulator de aer; R_{RC}, S_{RG}, S_{RA} — servomotoare; A — ax de comandă; R_{A1} — regulator apă; C_1 și C_2 — came.

Regulatorul de gaze de ardere primește impulsul de comandă de la depresiunea din focar și comandă debitul de gaze de ardere evacuate din cazan.

În mod separat se tratează reglarea debitului de apă de alimentare a cazanului.

În schemă nu s-a trecut reglarea automată a temperaturii aburului supraîncălzit.

În fig. 14.9 este reprezentată schema constructivă de reglare automată a aceluiași cazan de abur, considerat că se realizează după aceeași schemă principială, însă cu regulatoare electronice. În cazul acestei scheme se utilizează simbolii grafici indicați în anexa 4.

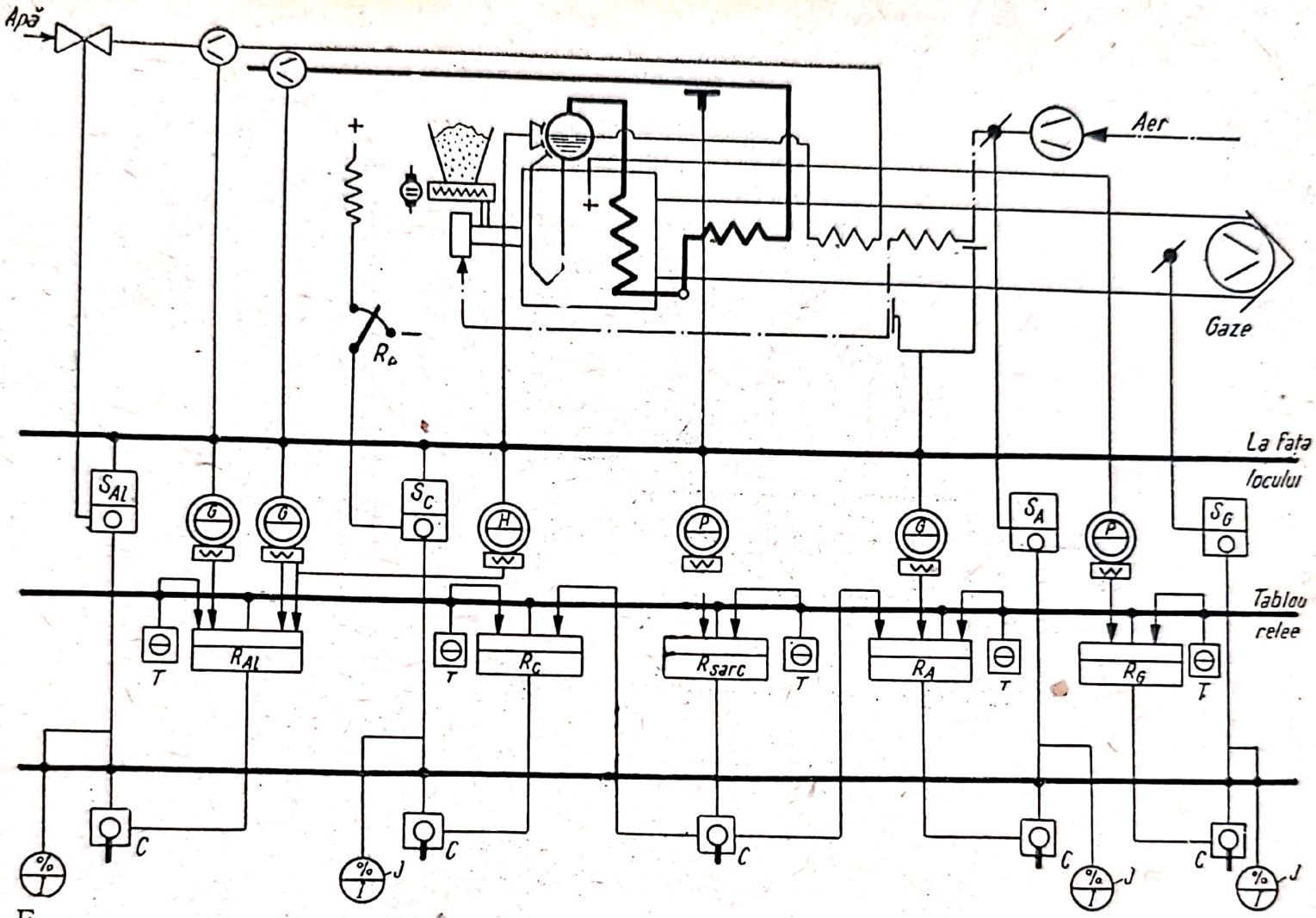


Fig. 14.9. Schema constructivă a instalației de reglare automată a unui cazan de abur cu circulație naturală, realizată cu regulatoare electronice:

R_{sar}, — regulator sarcină; R_C — regulator de combustibil; Re — reostat al motorului de curent continuu al alimentatorului cu cărbune; R_A — regulator de aer de ardere; R_G — regulator de gaze de ardere; R_{A1} — regulator alimentare cu apă; S_C, S_A, S_{A1}, S_G — servomotoare; G, P, H — traductoare de debit, presiune, nivel; T—traductor programator; C—cheie de comandă; I — indicator de poziție a servomotorului.

Scanned with OKEN Scanner

Sînt prevăzute trei locuri de plasare a aparatajului: la faţa locului, pe panoul operativ din camera de comandă, pe tabloul regulatoarelor. Regulatorul de sarcină primeşte impulsul de variaţie a presiunii în conducta colectoare prin intermediul traductorului de presiune P, mărime pe care o compară cu mărimea de referinţă, dată de traductorul programator T. Regulatorul de sarcină, prin intermediul cheii de comandă C, trimite simultan cîte un impuls la regulatorul de combustibil R_C şi la regulatorul de aer R_A. Regulatorul de combustibil comandă servomotorul S_C, care acţionează asupra reostatului R_e, montat în serie cu excitaţia motorului de curent continuu de antrenare a alimentatorului de cărbune.

Balustrările arată locul unde sînt montate diferitele aparate. De exemplu, traductorul de presiune şi servomotorul S_C la faţa locului, regulatorul de combustibil şi traductorul programator al acestuia la tabloul regulatoarelor, cheia de comandă C la pupitrul operativ.

În această schemă s-a trecut şi circuitul de reglare automată a apei de alimentare cu trei impulsuri primite prin intermediul traductoarelor de: debit de abur, debit de apă şi nivelul apei în tambur.

14.4. AUTOMATIZAREA MOTOARELOR ELECTRICE

14.4.1. Generalităţi

Automatizarea unui motor se realizează prin dispozitivele de pornire şi de oprire automată a motorului, de protecţie, de semnalizare, de blocare, de schimbare a sensului de rotaţie, de variaţie a turaţiei etc.

O instalaţie de automatizare se poate reprezenta prin scheme de principiu; scheme desfăşurate sau scheme de montaj.

În schemele de principiu se reprezintă aparatele cu elementele lor principale şi se indică modul de legare electrică a acestora.

În cazul schemelor desfăşurate, se desfăşoară sau se împarte aparatul în elementele sale componente (contacte, bobine etc.), executîndu-se legătura între acestea în ordinea în care se desfăşoară procesul de automatizare şi nu spaţial aşa cum sînt montate în aparatul respectiv. Diferitele contacte, bobine sau alte componente ale aceluiaşi aparat se recunosc prin faptul că sînt notate cu aceleaşi litere. De exemplu, toate contactele şi bobinele releului de temperatură nr. 1 sînt notate *RT-1*.

Schemele de montaj sînt scheme cu aparate, în care se indică bornele aparatelor şi, în plus, cablurile de legătură.

Marcarea aparatelor din schemă. În schemă fiecare aparat este marcat după un cod (în litere şi cifre), care cuprinde: tipul aparatului (releu, bobină, buton de comandă, întrerupător etc.), funcţiunea principală a aparatului (releu de temperatură, protecţie etc.) şi caracteristicile suplimentare care să-l deosebească de un alt aparat similar (tabela 14.1).

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 14.1. **Notațiile elementelor de automatizare din schema desfășurată**

Denumirea elementului	Notație	Denumirea elementului	Notație
Releu maximal	*RM*	Buton de pornire	*BP*
Releu de timp	*RT*	Buton de oprire	*BO*
Releu de presiune	*RP*	Cheie de comandă	*C*
Releu intermediar nr. 1	*RI*-1	Demaror electromagnetic	*L*
Idem, nr. 2	*RI*-2		

14.4.2. Scheme de automatizare

Se consideră cazul protecției unui motor electric trifazat (fig. 14.10, *a*). Cît timp întrerupătorul *L* este închis, motorul funcționează fiind alimentat cu energie electrică. Dacă apare un defect și curentul pe fază crește peste valoarea nominală, releul maximal *RM* sezisează acest lucru și prin bobina sa, care este străbătută în acest caz de un curent foarte mare, atrage o armătură care închide contactul său. Prin aceasta se excită bobina de declanșare a întrerupătorului *L* și deci se întrerupe alimentarea motorului care se oprește. Starea normală, așa cum se reprezintă aparatele în schemă, este cu întrerupătorul *L* declanșat și cu releul *RM scos din funcțiune*. În fig. 14.10, *b* este reprezentată schema desfășurată, în care prin *RM* s-a notat contactul normal deschis al releului *RM*, iar prin *L* bobina de declanșare a întrerupătorului. În stare normală, contactul lui *RM* este deschis și bobina de declanșare *L* nu primește curent. În cazul unui defect, contactul releului *RM* se închide, bobina *L* este pusă sub tensiune și ca urmare se deschide întrerupătorul *L*.

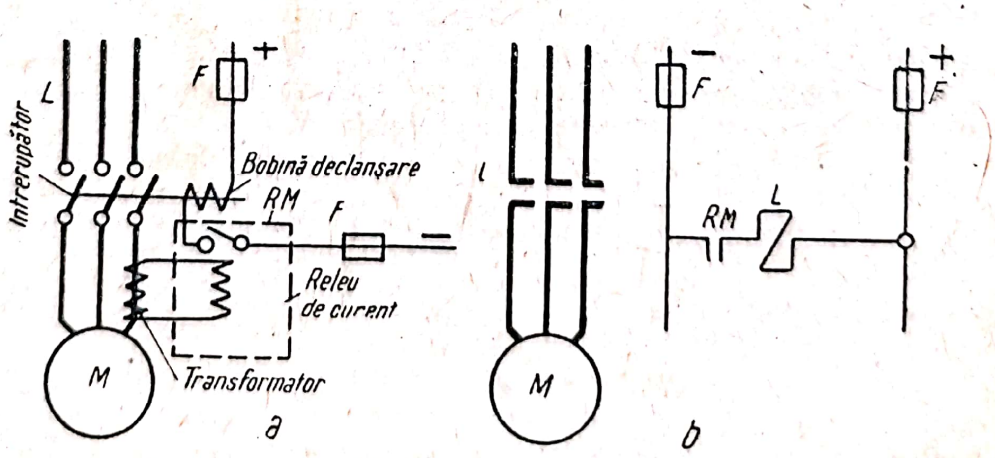


Fig. 14.10. Schemele de protecție ale unui motor electric:
a — schema de principiu cu aparate; *b* — schema desfășurată.

În fig. 14.11 este reprezentată schema de pornire și oprire automată a unui motor asincron cu rotorul în scurtcircuit. Pornirea acestor motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit (fără inele colectoare) se realizează de obicei cu ajutorul pornitoarelor electromagnetice. Un pornitor electromagnetic constă dintr-un întrerupător de curent alternativ cu bobină de stingere a arcului și din două relee termice de protecție *1RT*, *2RT*, montate în aceeași carcasă metalică.

Releele termice *1RT* și *2RT* protejează motorul împotriva supraîncălzirii, în cazul unei sarcini de lungă durată, și se montează pe două faze. Pe lîngă aceasta, motorul este protejat împotriva scurtcircuitelor prin relee electromagnetice și prin siguranțele fuzibile prevăzute pe fiecare fază. Pornitorul protejează motorul și împotriva tensiunii nule. Dacă tensiunea scade mult, sau dispare complet și în rețeaua de curent alternativ de alimentare a motorului partea mobilă a circuitului magnetic al contactorului deschide întrerupătorul și motorul se deconectează automat de la rețea.

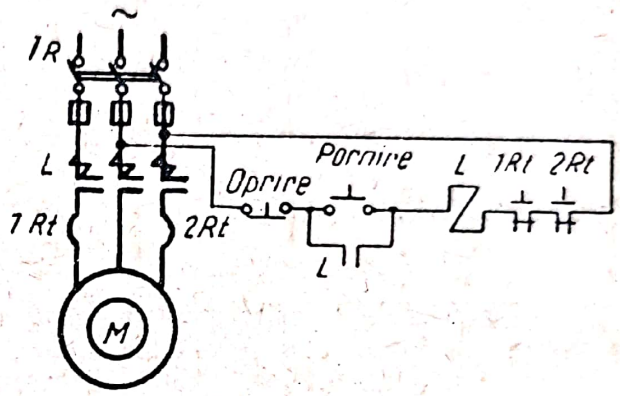


Fig. 14.11. Schema desfășurată a pornirii automate a unui motor asincron:
M — motor; *L* — demaror magnetic; *1 Rt*, *2Rt* — relee termice de protecție; *F* — fuzibile; *IR* — întrerupător.

În schemă, circuitul motorului care se automatizează este reprezentat prin linii mai groase, iar circuitul de automatizare prin linii subțiri. Ambele circuite sînt reprezentate pentru poziția *normală*, adică cu contactele demarorului *L* deschise, butoanele de pornire și oprire neapăsate și releele *1RT* și *2RT* nu lucrează.

Întrerupătorul demarorului se închide cînd bobina *L* a acestuia este sub tensiune, și se deschide cînd se întrerupe tensiunea de alimentare a acestei bobine.

În stare normală întrerupătorul *L* fiind deschis, motorul este oprit. Pornirea se face apăsîndu-se pe butonul de pornire. Dat fiind că butonul de oprire și contactele releelor sînt închise, se închide circuitul de alimentare a bobinei *L* a demarorului, care închide contactele acestuia. În acest timp, o dată cu acționarea contactelor *L*, se închide și contactul normal deschis *L* din schema de automatizare, astfel încît în momentul cînd se ia mîna de pe butonul de pornire circuitul bobinei *L* rămîne închis.

Oprirea motorului se face apăsîndu-se pe butonul de oprire. Aceasta are ca urmare întreruperea circuitului bobinei *L*, demarorul declanșează și o dată cu aceasta se deschide și contactul *L*. Cînd se ia mîna de pe butonul de oprire, deși acesta revine automat la poziția închis, circuitul nu se mai restabilește, întrucît contactul *normal deschis L* s-a deschis o dată cu deschiderea contactorului *L*.

XV

MATERIALE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA ȘI EXPLOATAREA ECHIPAMENTULUI TERMIC

15.1. METALE ȘI ALIAJE

Materialele folosite pentru construirea și repararea cazanelor de abur supraîncălzitoarelor și economizoarelor, a recipienților, a conductelor sub presiune și a turbinelor, trebuie să corespundă condițiilor tehnice, de recepție și de marcare prescrise în instrucțiunile ISCIR, a standardelor de stat și a normelor interne corespunzătoare.

La livrare, materialele vor fi însoțite de buletine de calitate emise de fabrica producătoare. În lipsa acestora, calitatea materialului se va stabili de către întreprinderea constructoare sau reparatoare.

Cînd se folosesc materiale importate, acestea trebuie să corespundă calitativ celor admise de instrucțiunile ISCIR, de standardele de stat și de normele interne. Dacă aceste materiale nu au buletin de calitate, atunci se va proceda întocmai ca și în cazul materialelor indigene.

Materialele neprevăzute în instrucțiunile ISCIR se vor putea folosi numai după obținerea avizului ISCIR.

În general, echipamentul termic lucrează la temperaturi superioare temperaturii ambiante și este supus unor solicitări complexe: mecanice, datorită presiunii și temperaturii, și chimice, datorită acțiunii apei, aburului, diverselor substanțe chimice din procesul de producție, gazelor de ardere etc.

Metalele folosite în construcția echipamentului termic trebuie să corespundă, în general, unor cerințe deosebite și anume:

— rezistență în timp la temperaturi ridicate (fluaj);
— rezistență de rupere la tracțiune;
— rezistență mare la oboseală;
— rezistență mare împotriva coroziunii și a fenomenelor însoțitoare (fragilitate caustică etc.);
— rezistență la coroziune;
— rezilienă ridicată;
— grad de stabilitate mare la transformări structurale, ecruisare, îmbătrînire, globurizare, grafitizare.

Pentru executarea elementelor cazanelor de abur, care lucrează la presiuni de maximum 30 kgf/cm² și temperaturi ale pereților de maximum 400°C, se întrebuințează oțelurile STAS 2883-55 (tabelele 15.1 și 15.2).

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.1. **Caracteristicile mecanice ale oțelurilor întrebuințate în construcția cazanelor de abur.** (Conform STAS 2883-55)

Calitatea	Rezistența de rupere la tracțiune σ_r kgf/mm²	Alungirea [1] minimum %		Rezilienta kgfm/cm² minimum	Îndoire la rece [2] α — unghiul de îndoire D — diametrul dornului a — grosimea epruvetei
		10	5		
OLK 1	35 la 38	26	31	7	$\alpha = 180°$
	38 la 40	25	30		$D = 0$
	40 la 42	24	28		
	42	23	27		
OLK 2	38 la 40	24	28	6	$\alpha = 180°$
	40 la 42	23	27		$D = 0{,}5\ a$
	42 la 44	22	26		
	44 la 46	20	24		

[1]) La table mai groase decît 15 mm se admite micșorarea alungirii minime cu 0,25 unități de procente pentru fiecare milimetru de creștere a grosimii peste 15 mm.

[2]) Încercări conform STAS 777-49

Tabela 15.2. **Compoziția chimică a oțelurilor întrebuințate la construcția cazanelor de abur** (Conform STAS 2883-55)

Calitatea	C %	Mn %	Cu %	S maximum %	P maximum %	S + P %
OLK 1	0,08—0,15	0,3—0,6	0,3	0,04	0,04	0,07
OLK 2	0,13—0,22	0,3—0,6	0,4	0,05	0,05	0,09

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.3. **Țevi de calitate pentru construcții, calitatea 35**

Diametrul		Presiunea nominală, kgf/cm²											
		32		40		50		64		80		100	
		Presiunea de regim, kgf/cm²											
		I II III	32 25 20	I II III	40 32 25	I II III	50 40 32	I II III	64 50 40	I II III	80 64 50	I II III	100 80 64
nominal D_n mm	exterior d mm	Grosimea peretelui a mm	Greutatea kgf/m	Grosimea peretelui a mm	Greutatea kgf/m	Grosimea peretelui a mm	Greutatea kgf/m	Grosimea peretelui a mm	Greutatea kgf/m	Grosimea peretelui a mm	Greutatea kgf/m	Grosimea peretelui a mm	Greutatea kgf/m
4	8					1,5	0,240						
6	10					1,5	0,314					2	0,926
8	12					1,5	0,388					2	0,395
10	14					2	0,592					2	0,493
15	18					2	0,789					2,5	0,709
20	25					2	1,13					2,5	0,959
25	30					2,5	1,70					2,5	1,39
32	38					2,5	2,19					3	2,00
40	44,5					2,5	2,59					3	2,59
50	57					2,75	3,68	3	4,00	3	3,07	3,5	3,54
(60)	70					3	4,96	3,5	5,74	3,5	4,62	4,5	5,83
70	76			3	5,40	3,5	6,26	4	7,10	4	6,51	5	8,01
80	89			3,35	6,87	3,5	7,38	4,5	8,38	4,5	7,93	5,5	9,56
(90)	102			3,50	8,50	4	9,67	5	12,00	5	10,4	6	12,3
100	108			3,75	9,64	4,5	11,5	5	12,7	5,5	13,1	7	16,4
125	133	4	12,7	4,50	14,30	5	15,8	6	18,8	6	15,1	7	17,4
150	159	4,5	17,2	5	19,0	6	22,6	7	26,2	7	21,8	9	27,5
										8	29,8	10	36,7

Observații:

— Dimensiunile între paranteze se vor evita

— Unde nu sînt indicate dimensiuni se vor folosi dimensiunile indicate pentru presiunea superioară cea mai apropiată

— Greutățile sînt calculate pe baza unei greutăți specifice de 7,85 kg/dm³

— Temperaturile maxime admise; regim I 120°C
regim II 300° C
regim III 400°C

— Dimensiunile: mm.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.4. **Țevi de calitate pentru construcții, calitatea 45**

Diametrul		Presiunea nominală, kgf/cm²									
		40		50		64		80		100	
		Presiunea de regim, kgf/cm²									
		I II III	40 32 25	I II III	50 40 32	I II III	64 50 40	I II III	80 64 50	I II III	100 80 64
nominal	exterior	Grosimea peretelui	Greutatea	Grosimea peretelui	Greutatea	Grosimea peretelui	Greutatea	Grosimea peretelui	Greutatea	Grosimea peretelui	Greutatea
D_n mm	d mm	a mm	kgf/m	a mm	kgf/m	a mm	kgf/m	a mm	kgf/m	a mm	kgf/m
4	8					1,5	0,24			2	0,296
6	10					1,5	0,314			2	0,395
8	12					1,5	0,388			2	0,493
10	14					2	0,592			2,5	0,709
15	18					2	0,789			2,5	0,956
20	25					2	1,13			2,5	1,390
25	30					2,5	1,70			3	2,00
32	38					2,5	2,19			3	2,59
40	44,5					2,5	2,59			3	3,07
50	57					2,75	3,68	3	4	3,5	4,62
(60)	70					3	4,96	3,5	5,74	4	6,51
70	76			3	5,4	3,5	6,26	4	7,10	4,5	7,93
80	89			3,25	6,87	3,5	7,38	4,5	9,38	5	10,40
(90)	102			3,5	8,5	4	9,87	5	12	5,5	13,10
100	108			3,75	9,64	4,5	11,5	5	12,7	6	15,10
125	133	4	12,7	4,5	14,3	5	15,8	6	18,8	7	21,80
150	159	4,50	17,2	5	19	6	22,6	7	26,2	8	29,80

Observații:

— Dimensiunile între paranteze se vor evita

— Unde nu sînt indicate dimensiuni se vor folosi dimensiunile pentru presiunea superioară cea mai apropiată.

— Greutățile sînt calculate pe baza unei greutăți specifice de 7,85 kgf/dm³

— Temperaturile maxime admise: regim I 120° C
regim II 300° C
regim III 400° C

Dimensiunile: mm

Scanned with OKEN Scanner

Tablele de oțel carbon OLK1 se folosesc pentru părțile cazanelor expuse direct flacării sau gazelor fierbinți iar OLK2 pentru celelalte elemente ale cazanului. Pentru tamburele cazanelor cu presiune peste 30 kgf/cm² se folosesc oțeluri carbon sau aliate elaborate după norme speciale, avizate de ISCIR.

Condițiile tehnice complete pentru table, stabilirea calităților, livrarea documentelor însoțitoare sînt prevăzute în proiectul STAS 500-61, 800-60, 2883-55, 505-55 și 901-60.

Țevile de oțel carbon fără cusătură, de precizie normală, pentru utilizări generale în construcții mecanice, conducte și cazane de abur, se execută conform STAS 404-59 în două categorii:

a) țevi obișnuite pentru construcții (fără prescripții de calitate), calitatea 00, cu regim de lucru: presiunea nominală pînă la 25 kgf/cm² și temperatura pînă la 300°C;

b) țevi de calitate pentru construcții (cu prescripții de calitate, capabile să suporte deformații plastice la rece), calitățile 35, 45 și 55, cu regim de lucru: presiunea nominală peste 25 kgf/cm² și temperatura pînă la 400°C (tabelele 15.3 și 15.4).

Dimensiunile de execuție sînt date în standardele de dimensiuni STAS 507-59, 517-59, 518-59, 519-59.

Țevile se fabrică din țagle de oțel carbon cu caracteristicile din tabelele 15.5 și 15.6.

Pentru țevi fără prescripții de calitate se folosesc țagle OI 00 STAS 500-49.

Tabela 15.5. **Compoziția chimică a oțelurilor pentru țevi**
(Conform STAS 2881-61)

Calitatea	Conținutul, %					
	Carbon	Mangan	Siliciu	Fosfor maximum	Sulf maximum	Fosfor + sulf maximum
OLT 32	0,06—0,13	0,30—0,50	necalmat			
OLT 35	0,09—0,15	0,35—0,60	0,15—0,35			
OLT 45	0,16—0,25	0,40—0,70	0,15—0,35			
OLT 55	0,26—0,39	0,50—0,80	0,15—0,35	0,045	0,045	0,68
OLT 65	0,40—0,50	0,60—0,90	0,22—0,40			
OLT 65 M	0,40—0,48	0,90—1,20	0,22—0,40			

Țevile pentru cazane de abur se execută prin laminare la cald sau prin tragere la rece. Conform STAS 3478-52 se pot utiliza pentru următoarele temperaturi de lucru:

— țevile de oțel carbon OL 32 și OL 35 pînă la temperatura de 350°C;
— țevile de oțel carbon OL 45, pînă la temperatura de 400°C;
— țevile oțel aliat OAT 1, pînă la temperatura de 500°C;
— țevile oțel aliat OAT 2, pînă la temperatura de 550°C;
— țevile de oțel aliat OAT 3, pînă la temperatura de 550°C (rezistente la oxidare).

Compoziția chimică și caracteristicile mecanice ale oțelurilor aliate, fabricate în cuptoarele Martin, calmate și dezoxidate cu îngrijire sînt cuprinse în tabelele 15.7 și 15.8.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.6. **Caracteristicile mecanice ale oțelurilor carbon pentru țevi,** (Conform STAS 2881-61)

Calitatea	Încercarea la tracțiune			
	Rezistența de rupere σ_r kgf/mm²	Alungirea %		Limita de curgere σ_c kgf/mm² minimum
		δ_5 minimum %	δ_{10} minimum %	
OLT 32	32	28	22	18
OLT 35	35	25	20	23
OLT 45	45	21	17	26
OLT 55	55	17	14	32
OLT 65	65	14	12	38
OLT 65 M	65	14	12	38

Tabela 15.7. **Compoziția chimică a oțelurilor aliate pentru țevi** (Conform STAS 2881-61)

Calitatea	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	V %	Al %
OAT 1	0,08—0,15	max. 0,35	0,50—0,80	—	0,30—0,50	—	—
OAT 2	0,12—0,18	max. 0,35	0,50—0,80	0,60—1,00	0,45—0,65	—	—
OAT 3	max. 0,15	0,50—1,00	0,30—0,60	1,00—1,50	0,45—0,65	—	—
OAT 4	max. 0,15	0,50—1,60	0,30—0,60	2,25—2,75	0,45—0,65	—	—
OAT 5	max. 0,15	0,30—0,60	0,30—0,60	4,00—6,00	0,45—0,65	0,10—0,25	0,40—0,8

Tabela 15.8. **Caracteristicile mecanice ale oțelurilor aliate pentru țevi** (Conform STAS 2882-51)

Calitatea	Tratamentul termic necesar	Rezistența de rupere σ_r kgf/mm²	Limita de curgere σ_c kgf/mm²	Limita de fluaj kgf/mm² la temperatura de, °C				Alungirea δ % minimum
				400	500	550	600	
OAT 1	Normalizare	38	25	14	9	4	2	20
OAT 2	Călire în aer și revenire	45	30	21	15	7	2	18
OAT 3	—	45	30	22	10	5	2	18
OAT 4	—	45	38	22	10	5	2	18
OAT 5	—	45	38	22	10	5	2	18

Observație: limita de fluaj are valoarea informativă

Tabela 15.10. **Bronzuri cu staniu turnat în blocur şi piese. Compoziţie chimică**

Grupa	Calitatea	Simbolul	Compoziţia chimică				Impurităţi % maximum					Total impurităţi
			Cu	Sn	Zn	Pb	Zn	Pb	Sb	Fe	Al	
Bronzuri cu staniu	Bronz pentru turnătorie 14	Bz 14 T	$86^{+0,5}_{-2}$	14 ± 1	—	—	1	1	0,2	0,2	0,02	2
	Bronz pentru turnătorie 10	Bz 10 T	$90^{+0,5}_{-2}$	10 ± 1	—	—	1	1	0,1	0,2	0,02	2
Bronzuri cu staniu-zinc şi staniu-zinc-plumb	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 9	Bz 9 ZnT	85+2	9 ± 1	rest	—		2	0,3	0,3	0,02	1 (exclusiv Pb)
	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 6	Bz 6 ZnT	85+2	6 ± 1	rest	3 ± 1			0,5	0,4	0,05	1,3
	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 4	Bz 4 ZnT	74+2	$4^{+1,5}_{-0,5}$	4 ± 2	17 ± 3			0,5	0,4	0,05	1,5
	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 3	Bz 3 ZnT	82+2	3 ± 1	11 ± 2	4 ± 2			0,5	0,4	0,05	1,5

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.9. Alamă și tombac lamin

Denumire	Simbol	Compoziție chimică %							
		Cu	Zn	Pb	Fe	Mn	Al	Alte elemente	Pb
Alamă 58	Am 58	58^{+3}_{-1}	36—42	0,8—3	—	—	—	—	(Fe
Alamă 60	Am 60	60^{+2}_{-1}	37—41	0,3—0,8	—	—	—	—	—
Alamă 63	Am 63	$63\pm1,5$	35—38	—	—	—	—	—	0,5
Alamă 70	Am 70	70^{+2}_{-1}	28—31	—	—	—	—	—	0,0
Alamă 72	Am 72	$72\pm1,5$							
Tombac 80	Am 80	80 ± 1	19—21	—	—	—	—	—	0,0
Tombac 85	Am 85	85 ± 1	14—16	—	—	—	—	—	0,0
Tombac 90	Am 90	90^{+1}_{-2}	9—12	—	—	—	—	—	0,0
Alamă specială 1	Am×1	56—60	37—43	—	—	0,5—2	0,5—1	—	1,5
Alamă specială 2	Am×2	56—50	32—42	—	0,5—2	0,5—2,5	1—3	Si 0—0,5	1,5
Alamă specială 3	Am×3	57—60	35—40	1,5—2,5	—	1,5—2,5	—	—	—
Alamă specială 4	Am×4	53—58	35—43	—	0,5—1,5	3—4	—	—	0,5
Alamă țevi condensatoare 1	Am×Sb	64 ± 1	35—37	—	—	—	—	Sb 0,01—0,1	(Pb
Alamă țevi condensatoare 2	Am×Sn	70 ± 3	26—32	—	—	—	—	Sn 0,9 —1,2	0,0

Tabela 15.9. **Alamă şi tombac laminabile** (STAS 95-59)

Compoziţie chimică %					Impurităţi maxime %						Permite urm prelucr
Pb	Fe	Mn	Al	Alte elemente	Pb	Fe	Mn	Al	Sn	Alte elemente	
0,8—3	—	—	—	—	(Fe + Mn + Al + Sn) max. 1					0,2	Presare la c jare, prelu strung
0,3—0,8	—	—	—	—	—	0,2	—	0,1	0,3	0,1	Presare la c jare, prelu strung, şta uşoară îndo
—	—	—	—	—	0,50	0,2 (Pb + Fe + Sn + Al) max.	—	0,05	0,2	0,1 0,6	Presare, şta tragere şi a sare
—	—	—	—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la
—	—	—	—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la
—	—	—	—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la
—	—	—	—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la
—	—	0,5—2	0,5—1	—	1,50	0,5	—	—	—	Si 0,2	Presare la c jare, prelu strung
—	0,5—2	0,5—2,5	1—3	Si 0—0,5	1,50	—	—	—	0,5	Ni 0,5	Presare la ca jare, prelu strung
—2,5	—	1,5—2,5	—	—	—	0,8	—	1	0,5	Sb 0,1	Presare la ca jare, prelu strung
—	0,5—1,5	3—4	—	—	0,50	—	—	0,6	0,5	Sb 0,1	Presare la cal jare, prelu strung
—	—	—	—	Sb 0,01—0,1	(Pb + Fe×Sn) max.				0,6	—	—
—	—	—	—	Sn 0,9 —1,2	0,07	0,06	—	—	—	Mn + Ni sub 0,6 nu sînt impurit.	—

a 15.9. **Alamă și tombac laminabile** (STAS 95-59)

		Impurități maxime %						Permite următoarele prelucrări	Formă de livrare
Al	Alte elemente	Pb	Fe	Mn	Al	Sn	Alte elemente		
—	—	(Fe + Mn + Al + Sn) max. 1					0,2	Presare la cald, forjare, prelucrare la strung	Bare pentru șuruburi, piese strunjite, profile, instrumente diverse
—	—	—	0,2	—	0,1	0,3	0,1	Presare la cald, forjare, prelucrare la strung, ștampare, ușoară îndoire	Bare, sîrmă, table și țevi pentru scopuri diverse, în special pentru plăci de condensatoare și răcitoare
—	—	0,50	0,2	—	0,05	0,2	0,1	Presare, ștampare, tragere și ambutisare	Table, benzi, bare, sîrmă profile, țevi și țevi pentru condensatoare
			(Pb + Fe + Sn + Al) max.				0,6		
—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la rece	Table, benzi pentru utilizări speciale, sîrmă
—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la rece	Table, benzi
—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la rece	Table, benzi
—	—	0,05	(Suma imp. inclusiv Pb) max. 0,2					Prelucrare la rece	Table, benzi pentru obiecte emailate
0,5—1	—	1,50	0,5	—	—	—	Si 0,2	Presare la cald, forjare, prelucrare la strung	Bare, profile, elemente presate, forjate, țevi brute de presă, elemente de construcție cu solicitări mari unde nu merge Am 58
1—3	Si 0—0,5	1,50	—	—	—	0,5	Ni 0,5	Presare la cald forjare, prelucrare la strung	
—	—	—	0,8	—	1	0,5	Sb 0,1	Presare la cald, forjare, prelucrare la strung	Bare pentru bucșe și lagăre
—	—	0,50	—	—	0,6	0,5	Sb 0,1	Presare la cald, forjare, prelucrare la strung	Bare pentru bucșe, scaune de ventile, fusuri, inele, colivii de rulmenți
—	Sb 0,01—0,1	(Pb + Fe×Sn) max.				0,6	—	—	Țevi și plăci de condensatoare și de schimbătoare termice
—	Sn 0,9 —1,2	0,07	0,06	—	—	—	Mn + Ni sub 0,6 nu sînt impurit.	—	

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.11. **Bronzuri cu staniu turnat în blocuri și piese. Caracteristici mecanice** (STAS 197-55)

Grupa	Calitatea	Simbolul	Rezistența de rupere la tracțiune kgf/mm² min.	Alungirea relativă la rupere % minimum		Duritatea Brinell HB10/500/30 minimum	Utilizări
				Turnare în cochilii	Turnare în nisip		
Bronzuri cu staniu	Bronz pentru turnătorie 14	Bz 14 T	20	3	3	85	Elemente supuse la uzură. Lagăre pentru mașini-unelte. Organe de mașini pentru aparate hidraulice pentru presiuni mari fără șocuri
	Bronz pentru turnătorie 10	Bz 10 T	20	15	12	60	Utilizări diverse în construcții de mașini, de aparate și armături speciale
Bronzuri cu staniu-zinc și staniu-zinc-plumb	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 9	Bz 9 ZnT	20	12	8	60	Lagăre pentru material rulant, și armături de presiune
	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 6	Bz 6 ZnT	15	10	6	60	Armături pentru material rulant Piese care lucrează la frecare și lagăre ușor solicitate
	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 4	Bz 4 ZnT	15	8	5	55	Piese care lucrează la frecare și lagăre puțin solicitate
	Bronz pentru turnătorie Cu Zn 3	Bz 3 ZnT	18	8	8	55	Armături pentru instalații de apă și abur, pînă la 25 kgf/cm²

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.12. **Compoziţii pentru lagăre. Compoziţia chimică** (STAS 202-59)

Denumirea	Simbolul	Compoziţia chimică %					Impurităţi maxime %						
		Sn	Sb	Cu	Pb	Alte elemente	Pb	Fe	Zn	Al	As	Bi	Total admise
Compoziţie cu staniu 83	Y-Sn83	83±1	11±1	6±0,5	—	—	0,5	0,1	0,05	0,05	0,15	0,05	0,25 (exclusiv Pb)
Compoziţie cu staniu 80	Y-Sn80	80±1	12±1	6±1	2±1	—	—	0,1	0,05	0,15	0,15	0,05	0,25
Compoziţie cu staniu 10	Y-Sn10	10±0,5	15,5±1	1±0,5	Rest	—	—	0,1	0,05	0,05	0,15	0,05	0,25
Compoziţie cu plumb 98*)	Y-Pb98	—	—	—	Rest	Ca: 0,65—0,72 Na: 0,58—0,66 Mg: 0,22—0,25 Al: 0,02—0,04	Total impurităţi admise 0,20						
Compoziţie cu plumb 70	Y-Pb70	6+0,5	17+1	—	Rest	As: 0,7—0,8 Cd: 0,8—0,9 Ni: 0,8—1,1	Total impurităţi admise 0,30						

*) Corespunde tipului Bahnmetall întrebuinţat în căile ferate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.13. **Compoziții pentru lagăre. Caracteristici mecanice** (STAS 202-49)

Grupa	Simbolul	Duritatea Brinell HB 10/500/180 la 20 °C informativ	Turtire pierdere de înălțime %	Rezistența minimă la compresiune kgf/mm²	Temperatura de turnare °C	Greutate specifică kgf/dm²	Utilizări
Compoziții cu bază de staniu	Y-Sn 83	25—32	—	—	500—550	7,5—7,7	Cuzineți la turbine cu abur; turbo-compresoare; motoare Diesel cu viteză mare; motoare electrice la vagoane internaționale și la unele tipuri de locomotive cu viteză mare
	Y-Sn 80	24—30	—	—	450—500	7,6—7,8	Mașini cu abur staționare și marine, motoare electrice, generatoare
	Y-Sn 10	23—32	16	14	400—450	9,6—9,5	Cuzineți la biele și osii la anumite tipuri de locomotive cu viteză mare
Compoziții cu bază de plumb	Y-Pb 98	30—39	20	17	550—600	10,5	Cuzineți de vagoane, de vagoane și de locomotive de marfă pentru osii cu 300 la 400 rot/min
	Y-Pb 70	22—31	20	13	400—450	9,7—9,9	Mașini pînă la 500 rot/min

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.14. **Țevi de alamă pentru condensatoare. Dimensiuni** (STAS 522-51)

Diametrul exterior D	Abateri limită	Grosimea, în mm; abateri limită admise + 10%											
		1		1,50		2		2,50		3		3,50	
mm	mm	d	G	d	G	d	G	d	G	d	G	d	G
16	±0,12	14	0,401	13	0,581	12	0,748	11	0,901	—	—	—	—
18		16	0,454	15	0,661	—	—	—	—	—	—	—	—
19		17	0,481	16	0,701	15	0,908	14	1,101	—	—	—	—
22		20	0,561	—	—	—	—	17	1,301	—	—	15	0,729
24		22	0,634	21	0,901	—	—	—	—	—	—	—	—
25		23	0,641	22	0,942	21	1,228	20	—	—	—	—	—
26		24	0,668	—	—	—	—	—	1,502	—	—	—	—
28		26	0,721	—	—	24	1,380	—	—	22	2,003	—	—
30	±0,15	28	0,774	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32		30	0,828	—	—	28	1,002	—	—	26	2,323	—	—
38		—	—	—	—	—	—	33	2,369	32	2,804	—	—

Observații: *G* — greutatea teoretică, în kgf/m;
d — diametrul interior, în mm.

Scanned with OKEN Scanner

Condiţiile complete pentru stabilirea calităţii ţevilor, marcarea, ambalarea şi documentele însoţitoare sînt cuprinse în instrucţiunile ISCIR C 1-58 şi în STAS 3478-52, 405-56, 404-59, 530-59 şi standardele la care acestea fac trimiteri.

În tabelele 15.9—15.13 sînt cuprinse caracteristicile unor aliaje neferoase întrebuinţate frecvent în construcţia echipamentului termic.

Ţevile pentru condensatoare şi schimbătoare de căldură se fabrică din alamă Am 63 şi din alamă aliată cu stibiu (0,01—0,1%) simbol Am × Sb sau staniu (0,9—1,2%) simbol Am × Sn, în stare de ecruizare jumătate tare cu dimensiunile indicate în STAS 522-51 (tabela 15.14).

Compoziţia chimică a mărcilor de alamă trebuie să fie conform STAS 95-59. Pentru stabilirea calităţii tablelor şi ţevilor pentru condensatoare sînt obligatorii condiţiile prevăzute în STAS 289-57, 421-49 şi 422-51.

Tablele şi ţevile de cupru se folosesc pentru recipienţi cu temperatura peretelui sub 250°C şi în care nu se încarcă fluide care atacă cuprul (acetilenă, amoniac etc.).

Compoziţia chimică a tablelor şi a ţevilor trebuie să corespundă mărcilor Cu 9 şi Cu 5 (STAS 270-57).

Condiţiile tehnice complete, marcarea etc., trebuie să corespundă prescripţiilor din STAS 426-57 pentru table şi din STAS 523-55 pentru ţevi.

Tablele şi ţevile de plumb se folosesc la instalaţiile cu fluide care corodează alte metale, în special la cele cu acizi.

Condiţiile tehnice ale acestor materiale sînt cuprinse în STAS 490-49, 489-49, 671-51.

15.2. PRODUSE REFRACTARE

Produsele refractare se clasifică după refractaritate conform tabelei 15.15.

Principalele caracteristici ale produselor refractare sînt următoarele:

— refractaritatea — proprietatea materialelor de a suporta temperaturi înalte (peste 1580°C) fără deformaţii;

Tabela 15.15. **Clasificarea produselor refractare după refractaritate**

Denumire	Refractaritate		Temperatura °C
	Indicator piroscopic	Con Seger	
Produse cu refractaritate normală	158—175	25—34	1580—1750
Produse cu refractaritate mare	177—200	35—42	1770—2000
Produse suprarefractare	—	—	peste 2000

— rezistenţa mecanică se caracterizează prin rezistenţa la compresiune la temperatura ambiantă;

— stabilitatea termică — capacitatea de a rezista la variaţii bruşte de temperatură (STAS 129-49);

Tabela 15.16. **Produse refractare de şamotă**

Caracteristici	Condiţii de admisibilitate					
	Tipul					
	RCA 75 RCB 75	RC 75	RC 73	RC 71	RC 69	RC 58
Refractaritatea	min 1750	1730-1750	1710-1750	1690-1710	1670-1690	min 1580
Porozitate aparentă max, %	25					
Greutatea specifică aparentă, min, g/cm³	1,85					
Variaţia volumului la °C	1410	1410	1400	1350	1350	1250
max, —%	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0
Rezistenţa la compresiune, la temperatura obişnuită min, kgf/cm²	250	200	200	150	150	150

Tabela 15.17. **Cărămizi de şamotă pentru cuptoare de recoacere şi încălzire din industria metalurgică**

Caracteristici	Cărămizi pentru cuptoare de recoacere şi încălzire		
	Clasa RC71	Clasa RC69	Clasa RC 67
Refractaritate (I.P.) min	171	169	167
Compoziţie chimică:			
— trioxid de aluminiu (Al_2O_3) min. %	34	33	32
— trioxid de fier (Fe_2O_3) max. %	2,8	3,4	nu se normează
Rezistenţa de compresiune la temperatura obişnuită, min. kgf/cm²	150	150	100
Porozitate aparentă max. %	27	30	30
Constanţa la volum, max. %			
— la temperatura de 1400°C	0,5	—	—
— la temperatura de 1350°C	—	—	—
— la temperatura de 1250°C	—	—	0,6
Temperatura începutului înmuierii sub sarcina de 2 kgf/cm² min. °C	1350	1300	nu se normează

Scanned with OKEN Scanner

— stabilitatea chimică — capacitatea de a rezista acțiunii chimice a metalelor, zgurelor, prafului, cenușii, vaporilor, gazelor care se formează în camera de ardere refractară.

— constanța de volum — variația liniară cu caracter permanent a dimensiunilor unei epruvete supuse la încălzire și apoi răcită în anumite condiții, prevăzute de STAS 127-49; se exprimă în %.

— porozitatea aparentă — raportul dintre volumul porilor deschiși ai unei epruvete și volumul aparent al epruvetei, exprimată în %; ea este strîns legată cu capacitatea de absorbție de apă a materialului refractar (STAS 125-49).

Produsele refractare se fabrică conform STAS 131-53 în următoarele patru forme:

— cărămizi normale (N);
— cărămizi pană lungă (PL);
— cărămizi pană scurtă (PS);
— cărămizi pană transversale (PT).

Calitățile de execuție, domeniile de aplicare, condițiile de recepție etc. a cărămizilor refractare fabricate în R.P.R. sînt indicate în STAS 2496-51.

Cărămizile refractare se marchează prin trei grupe de litere și cifre, despărțite între ele cu linioare. Prima grupă reprezintă inițiala întreprinderii producătoare, a doua grupă reprezintă calitatea și refractaritatea produsului, iar a treia grupă tipul, forma și dimensiunile cărămizii. Exemplu: B-RC 71-PL 5 înseamnă: fabrica „Bucov-Ploiești — cărămidă de șamotă cu refractaritate minimă 1710°C, de formă pană lungă, cu dimensiunile 65×35×250×250 mm".

Cărămizile refractare trebuie să fie bine arse; lovite cu un ciocan de oțel, trebuie să dea un sunet clar. Pe toată suprafața de spargere, cărămizile trebuie să prezinte o structură omogenă, fără goluri, iar granulele de șamotă nu trebuie să se desprindă ușor sau să se fărămițeze.

În tabelele 15.16 și 15.17 sînt cuprinse caracteristicile produselor refractare de șamotă.

Pentru zidăria refractară normală se folosește ca liant de mortar, argila refractară amestecată cu nisip fin și șamotă. În unele cazuri se adaogă în mortar o cantitate redusă de ciment portland.

Produsele refractare trebuie păstrate în depozite închise, ferite de umezeală.

15.3. MATERIALE TERMOIZOLANTE

Caracteristicile materialelor pentru izolații termice folosite în R.P.R. sînt indicate în tabela 15.18.

Acestea sînt în general materiale poroase care conțin un număr enorm de celule microscopice cu aer, aerul fiind un corp foarte rău conducător de căldură. Principalii indici care caracterizează un material termoizolant sînt:

— *greutatea volumică* (greutatea specifică în vrac a materialului uscat), în kgf/m³, adică greutatea unui metru cub din material uscat în stare afînată, fără a se îndesa; între greutatea specifică și greutatea volumică sînt diferențe mari;

Tabela 15.18. **Materiale pentru izolaţii termice folosite în R.P.R**

Nr. crt.	Materialul sau construcţia izolaţiei	Greutatea volumetrică kgf/m³	Temperatura maximă de folosire °C	Conductivitatea termică kcal/m.h.grd. la temperaturi mai mari decît 30°C în funcţie de temperatura medie a stratului izolator
1	Foiţă de aluminiu gofrată	20—40	350 (550)	$0{,}051 + 0{,}00022\ t_{md}$
2	Foiţă de aluminiu netedă	20—40	350 (550)	$0{,}046 + 0{,}00014\ t_{md}$
3	Saltea de azbest umplută cu sovelit	280	450	$0{,}075 + 0{,}00010\ t_{md}$
4	Saltea de azbest umplută cu fibre de sticlă	200	450	$0{,}05 + 0{,}00020\ t_{md}$
5	Saltea de azbest umplută cu verniculit	220	450	$0{,}07 + 0{,}00012\ t_{md}$
6	Ţesătură de azbest în cîteva straturi	500—600	cu bumbac 200; fără bumbac 450	$0{,}11 + 0{,}00022\ t_{md}$
7	Şnur de azbest	—	200	$0{,}105 + 0{,}00027\ t_{md}$
8	Mastic de azbozurit	650	900	$0{,}14 + 0{,}00015\ t_{md}$
9	Mastic azbotermit	570	500	$0{,}11 + 0{,}00009\ t_{md}$
10	Plăci şi segmente din azboverniculit	250	600	$0{,}07 + 0{,}00020\ t_{md}$
11	Plăci şi segmente din azbociment	400	450	$0{,}079 + 0{,}00011\ t_{md}$
12	Verniculit afînat	200	900	$0{,}060 + 0{,}00023\ t_{md}$

Tabela 15.18 (continuare)

Nr. crt.	Materialul sau construcția izolației	Greutatea volumetrică kgf/m³	Temperatura maximă de folosire °C	Conductivitatea termică kcal/m.h.grd. la temperaturi mai mari decît 30°C în funcție de temperatura medie a stratului izolator
13	Pîslă minerală	300	200 în aer liber 60 în încăperi	0,064 + 0,00017 t_{md}
14	Plăci de vulcanit	400	500	0,067 + 0,00016 t_{md}
15	Produse din diatomit tratat termic, marca 500	500	900	0,10 + 0,00020 t_{md}
16	Idem marca 600	600	900	0,12 + 0,00020 t_{md}
17	Vată universală îndesată sub plasă fixată pe suprafață inelară din materiale termoizolante	300	600	0,055 + 0,00017 t_{md}
18	Saltele din vată universală	300	600	0,051 + 0,00016 t_{md}
19	Saltele și benzi din fibre de sticlă	200	450	0,036 + 0,00031 t_{md}
20	Cărămizi din penodiatomit	450	900	0,08 + 0,00020 t_{md}
21	Produse din penobeton	400	400	0,094 + 0,00026 t_{md}
22	Idem	500	400	0,109 + 0,00026 t_{md}
23	Produse din penoșamot	950	1350	0,24 + 0,00020 t_{md}
24	Mastic de sovelit	500	500	0,085 + 0,00009 t_{md}
25	Plăci de sovelit și alte fabricate	350—400	500	0,068 + 0,00015 t_{md}
26	Cochile din vată universală	300	600	0,059+0,000165 t_{md}
27	Vată de sticlă îndesată sub plasă fixată pe unele din materiale termoizolante	200	450	0,047 + 0,00031 t_{md}

— *temperatura maximă de folosire*, în °C, este temperatura la care materialul izolant nu mai rezistă, începînd să ardă sau să crape;

— *conductivitatea termică*, în kcal/m·h·grd, adică valoarea cantității de căldură, măsurată în kcal, care trece în timp de o oră printr-un perete executat din materialul respectiv, avînd suprafața de 1 m² și grosimea de 1 m, diferența de temperatură între cele două fețe ale peretelui fiind 1 grd.

15.4. MATERIALE PENTRU ETANȘARE

Materialele cele mai întrebuințate pentru garniturile de etanșare sînt cuprinse în tabela 15.19.

Ele se aleg ținîndu-se seamă de: mediul care trebuie etanșat (apă, abur, produse petroliere, gaze etc.), caracteristicile sale (presiune și temperatură), posibilitățile de procurare și prețul de cost.

15.5. LUBRIFIANȚI

Suprafețele corpurilor în contact, oricît de bine ar fi prelucrate nu pot fi complet netede, ci prezintă asperități mai mari sau mai mici.

Din cauza frecării, suprafețele în contact se încălzesc uneori atît de mult, încît părticelele mici de material smulse din asperități se sudează de cele două suprafețe, frecarea crescînd astfel și mai mult, cauzînd griparea pieselor.

Pentru a se împiedica contactul direct între suprafețele în frecare, se interpune între ele un strat de lubrifiant, care înlocuiește frecarea directă dintre suprafețele metalice, prin frecarea mult mai mică dintre particulele lubrifiantului. Acesta este scopul ungerii.

Lubrifianții întrebuințați la ungerea mașinilor trebuie să adere la cele două suprafețe, astfel încît filmul de lubrifiant să rămînă continuu în timpul mișcării pieselor și să nu se întrerupă din cauza presiunii exercitate asupra lui de greutatea piesei cu care este în contact, să protejeze de coroziune și de oxidare suprafețele în frecare, să nu se altereze sub acțiunea metalelor, să nu se usuce sub acțiunea aerului și a temperaturii ridicate, să nu fie otrăvitor și să nu aibă un miros neplăcut.

La alegerea lubrifianților în anumite scopuri de ungere, la anumite mașini, trebuie luate în considerare următoarele date determinate în laborator: viscozitatea, densitatea (masa specifică), punctul de inflamabilitate, temperatura de congelare, onctuozitate (capacitatea de ungere), conținutul de cenușă, indicele de alcalinitate, conținutul de apă, conținutul de impurități mecanice, culoarea.

Viscozitatea (STAS 117-56) caracterizează coeficientul de frecare dintre suprafețele în contact. Unitatea convențională pentru viscozitate este gradul Engler (°E), care reprezintă raportul dintre timpul de curgere a unui volum de lubrifiant și timpul de curgere a unui volum egal de apă distilată de 20°C, în condiții determinate. Viscozitatea apei distilate la 20°C este considerată 1°E.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.19. **Materiale pentru garnituri de etanșare**

Materialul	Temperatura maximă °C	Presiunea maximă kgf/cm²	Grosimea mm
A. *Pentru apă*			
Cauciuc simplu	40	3	4—6
Cauciuc cu inserții de pînză	60	6	3
Cauciuc cu inserții de pînză metalică	80	10	3—4
Carton tehnic	100—120	16	3
Cînepă	40	3	2—6
Paranit „u"; clingherit	350	50	1—2
Paranit „uv"; clingherit	400	75	1—2
Oțel moale	nelimitat	150	—
Cupru (sîrmă)	nelimitat	35	—
B. *Pentru abur*			
Azbest plăci	—	—	2—4
Paranit „u"; clingherit	425	40	1—2
Paranit „uv"; clingherit	425	60	1—2
Oțel moale	425	60—140	gofrate
Cupru (sîrmă)	425	35	—
C. *Pentru produse petroliere*			
Carton tehnic	30	10	pînă la 4
Hîrtie de desen	80	10	—
Paranit „uv"; clingherit	350	75	—
D. *Pentru praf și gaze*			
Azbest	650	1,5	pînă la 4

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.20. **Caracteristicile uleiurilor cu destinaţie specială**

Simbolul uleiului	Felul uleiului	STAS	Temperatura de congelare °C max	Viscozitatea la 50°C		Utilizări principale
				cSt	°E	
F-5003	Ulei pentru frigorifere	2535-51	—40	12—21	2,0—3,0	La ungerea uneltelor pneumatice şi a lagărelor expuse frigului, a compresoarelor pentru fabrici de gheaţă.
F-5004	Ulei pentru frigorifere	898-50	—30	25—30	3,5—4	
V_x-5012	Ulei pentru angrenaje	899-53	—18	87,5—95	11,5—12,5	La ungerea anumitor angrenaje închise, iarna şi vara a cutiei de viteze a diferenţialului autovehiculelor pe timp de iarnă.
V-10004	Ulei pentru angrenaje	387-49	0	32—26	4,3—4,8	La ungerea anumitor angrenaje închise, greu solicitate pe timp de vară, a cutiei de viteze şi diferenţialului autovehiculelor pe timp de vară.
T-10003	Ulei pentru angrenaje	753-49	—15	21—25,5	3,0—3,5	La ungerea diverselor angrenaje.
T-10004	Ulei pentru angrenaje	753-49	— 2	29,5—33,5	4,0—4,5	

Scanned with OKEN Scanner

G-5019	Ulei pentru glisiere	509-49	—12	144—160	19—21	La ungerea glisierelor mașinilor, a cablurilor care lucrează în aer liber iarna, a cablurilor suport ale funicularelor, ascensoarelor etc.
R-10020	Ulei pentru cabluri	509-49	+20	155—190	20—25	La ungerea cablurilor de tracțiune ale funicularelor, a roților mari deschise de la mașinile de hîrtie, a preselor de cauciuc, a cuptoarelor rotative, a roților dințate de la piese, elevatoare, foarfece etc.
C-250 D	Ulei pentru cilindru	385-55	+ 5	21— 30	3— 4	La ungerea cilindrilor, pistoanelor și șuberelor mașinilor cu abur saturat, a glisierelor mașinilor grele
C-255	Ulei pentru cilindru	385-55	+ 5	21— 30	3— 4	La ungerea cilindrilor mașinilor cu abur saturat sau preîncălzit pînă la 255°C, a lagărelor mașinilor care lucrează cu sarcini mari, viteze mici și temperaturi ridicate, a cutiilor de angrenaje greu solicitate și pentru băile de ulei ale angrenajelor cu melc
C-265	Ulei pentru cilindru	385-55	+10	30—40	4— 5	La ungerea mașinilor cu abur supraîncălzit pînă la 265°C, la tratamentul termic al metalelor pentru revenire
C-315	Ulei pentru cilindru	385-55	+25	45—68	6— 9	La ungerea mașinilor cu abur supraîncălzit pînă la 330°C, a cilindrilor de la locomotivele cu abur supraîncălzit pînă la 330°C

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.21. **Caracteristicile uleiurilor de turbine Tb-5003, Tb-5004 și Tb-5005, STAS 742-49**

Caracteristici	Uleiuri de turbine			Metode de analiză
	Tb-5003	Tb-5004	Tb-5005	
Densitate la 15°C max.	0,900	—	0,905	STAS 35-49
Inflamabilitate M, min. °C	190	180	200	STAS 32-49
Viscozitate la 50°C, °E	2,5—3	3,5—5	4,5—5,5	STAS 117-49
Punct de congelare max. °C	0	—10	0	STAS 39-49
Aciditate minerală sau alcalinitate	lipsă	lipsă	lipsă	STAS 22-49
Aciditate organică în mg KOH la 1 g ulei, max.	0,04	0,04	0,04	STAS 23-49
Cenușă, max. %	0,005	0,005	0,005	STAS 38-49
Cocs Conradson, max. %	0,1	—	0,15	STAS 28-49
Impurități mecanice, %	lipsă	lipsă	lipsă	STAS 33-49
Temperatură de transparență °C	—	0	—	STAS 742-49
Stabilitate (TES):				STAS 118-49
— reziduu după oxidare, max. %	—	0,3	—	
— aciditate organică după oxidare în mg KOH la 1 g ulei, max.	—	0,6	—	
Stabilitate (B.B.C.)				STAS 118-49
— reziduu după oxidare, max.	0,015	—	0,015	
— aciditate organică după oxidare în mg KOH la 1 g ulei max.	0,3	—	0,3	
Proba-natron	—	2	—	STAS 30-49
Viteza de desemulsionare în minute max.	—	8	—	STAS 742-49
Viteza de desemulsionare în secunde, max.	60	—	95	STAS 56-49
Indice Dean Davis, min.	90	—	90	STAS 55-49

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.22. **Comparație între lubrifianții din U.R.S.S. și lubrifianții din R.P.R.**

Denumirea lubrifiantului din URSS	GOST	Înlocuiește GOST	Lubrifiant corespunzător		Lubrifiant înlocuitor		Observații
			Denumire	STAS	Denumire	STAS	
Uleiuri pentru motoare Diesel							
Ulei pentru motoare Diesel:	5304-54	1600-46					
a) tipul DP-8 cu aditivi	,,	5304-50	—	—	408	751-49	Fără aditivi
b) tipul D-11 fără aditivi	,,	,,	—	—	312	1197-56	—
c) tipul DP-11 cu aditivi	,,	,,	—	—	410	751-49	Fără aditivi
d) tipul DP-14 cu aditivi	,,	,,	—	—	413	751-49	—
Ulei Diesel DSp-11 (Proveniență sulfuroasă cu aditivi):	8581-57	—	—	—	410	751-49	Fără aditivi
Ulei Diesel selectiv	TU 505-54	—	—	—	413	751-49	—
Ulei Diesel	TU 486-53	—	—	—	312	1197-50	—
Ulei Diesel	VTU 527-54	—	—	—	410	751-49	—
Ulei pentru Diesel turație mare, iarna	TU 174-45	—	—	—	309	1196-56	Fără aditivi
Ulei pentru Diesel turație mare, vara	TU 174-45	—	—	—	312	1197-56	Fără aditivi
Ulei pentru Diesel M, cu viteză mică	1519-42	—	107	743-43	209	1189-50	—
Ulei pentru Diesel T, cu viteză mică	1519-42	—	109	743-49	212	1190-50	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 15.22. (continuare)

Denumirea lubrifiantului din URSS	GOST	Înlocuieşte GOST	Lubrifiant corespunzător		Lubrifiant înlocuitor		Observaţii
			Denumire	STAS	Denumire	STAS	
Uleiuri pentru motoare speciale							
a) tipul MK	1013-49	1013-41	—	—	423	751-49	
b) tipul MS	1013-49	1013-41	—	—	419	751-49	
c) tipul MZS	1013-49	1013-41	—	—	413	751-49	Nu se vor folosi la motoare de aviaţie
d) tipul MZ	TU 118-2 NKNP	—	—	—	413	751-49	
e) tipul MK Ţiţei de Emba	TU 163-45	—	—	—	423	751-49	
Uleiuri pentru maşini cu abur							
Ulei uşor de cilindru:							
a) tipul 11	1841-51	1841-42	—	—	C 250 D C 255	385-55	—
b) tipul 24	1841-51	1859-42	—	—	C 265	385-55	—
Ulei greu de cilindru:							
a) tipul 38	6411-52	3190-46	—	—	C 315	385-55	—
b) tipul 52	6411-52	788-43	—	—	C 315	385-55	—
Uleiuri pentru turbine							
a) tipul 22 cu aditiv VTI	32-53	32-47	—	—	Tb-5003	742-49	Fără aditivi
b) tipul 22 fără aditivi	32-53	32-47	—	—	Tb-5003	742-49	Fără aditivi

Scanned with OKEN Scanner

c) tipul 30	32-53	32-47	Tb-5004	742-49	Tb-5005	742-49	Fără aditivi
d) tipul 57	32-53	32-47	—	—	408	751-49	Fără aditivi
e) tipul 46	32-53	32-47	—	—	Tb-5005 în amestec cu 408		
Unsori consistente							
Unsoare consistentă cu fuzibilitate medie:							
a) tipul US 2	1033-51	1033-41	U 85	562-55	—	—	—
b) tipul US 3	1033-51	1033-41	U 100	562-55	—	—	—
Unsoare consistentă universală, sintetică, greu fuzibilă							
a) tipul YTe 12	5703-51	—	Rul 145	1608-50	—	—	—
b) tipul YTe 2	5703-51	—	Rul 165	1608-50	—	—	—
Unsoare consistentă greu fuzibilă UT (Constalin gras):							
a) tipul UT-1	1957-52	1957-43	—	—	Rul 145	1608-50	—
b) tipul UT-2	1957-52	1957-43	—	—	Rul 165	1608-50	—
Unsoare pentru rulmenți 1-13	1631-52	—	—	—	Rul 100	1608-50	—
Unsoare GSA	ST 2-4610	—	—	—	Rul 145	1608-50	—
Diferite vaseline							
Unsoare VO	3045-51	3045-45	Vaselină tehnică artificială STAS 917-50		Vaselină tehnică naturală STAS 916-50		—
Unsoare GOI-54 (UNVM)	3276-54	3276-46	—		Tr. 2004 cu 20% cerezină	811-54 1311-50	Amestec

Scanned with OKEN Scanner

Densitatea sau masa specifică (STAS 35-38) este raportul dintre masa unui corp și volumul său; pentru uleiurile minerale densitatea se raportează la volumul uleiului la temperatura de 20°C.

Punctul de inflamabilitate (STAS 32-56) este temperatura cea mai joasă, la presiunea atmosferică normală (760 torri) la care, în condiții determinate, vaporii degajați din produsul de cercetat, în amestec cu aerul de deasupra produsului, se aprind în apropiera unei flăcări.

Punctul de congelare (STAS 39-56) este temperatura cea mai scăzută la care lubrifiantul supus răcirii, în condiții bine stabilite practic, încetează de a mai curge liber sub acțiunea greutății proprii.

Capacitatea de ungere (onctuozitatea) este capacitatea moleculelor de ulei de a adera la suprafața unsă, formînd pelicule rezistente, adsorbite de suprafețele de frecare.

Conținutul de cenușă (STAS 38-49) reprezintă conținutul de substanțe minerale necombustibile și de diferite săruri dizolvate rămase după arderea unui lubrifiant în prealabil filtrat.

Aciditatea minerală și alcalinitatea (STAS 22-49) reprezintă conținutul de acizi minerali sau de baze care intră în compoziția lubrifiantului. Prezența acestora, chiar în cantități minime, dăunează metalelor cu care vine în contact, provocînd eroziuni.

Aciditatea organică (STAS 23-50) reprezintă cantitatea de acizi organici liberi care intră în compoziția lubrifianților; se exprimă prin numărul de miligrame de hidroxid de potasiu (KOH) necesar pentru a neutraliza acizii organici liberi dintr-un gram de lubrifiant.

Conținutul de apă (STAS 24-50) este indicat de tulburarea uleiului. Se determină prin centrifugare sau prin distilare cu ajutorul unui solvent, după care se cîntărește.

Conținutul de impurități mecanice se determină prin cîntărire.

Punctul de picurare (STAS 37-49) este temperatura la care se produce căderea primei picături a produsului cercetat, atunci cînd acel produs este supus încălzirii în condiții determinate, în aparatul Ubbelohde.

În tabelele 15.20—15.21 sînt cuprinse o serie de caracteristici pentru unii lubrifianți cu destinație specială întrebuințați în R.P.R. iar în tabela 15.22 este dată o comparație între lubrifianții din R.P.R. și cei din U.R.S.S.

XVI

REPARAREA INSTALAȚIILOR TERMICE

16.1. GENERALITĂȚI

Utilajul și instalațiile energetice reprezintă o parte importantă a mijloacelor de bază din cadrul întreprinderilor industriale.

Pentru acest motiv toate problemele în legătură cu durata de serviciu și capacitatea de lucru a utilajelor și instalațiilor trebuie să constituie o preocupare permanentă pentru personalul întreprinderilor.

Un utilaj exploatat rațional, bine întreținut și reparat funcționează un timp îndelungat, fără avarii și imobilizări importante pentru efectuarea lucrărilor de reparații, asigură întreprinderii posibilitatea sporirii producției și a productivității muncii.

Din cauza funcționării utilajele și instalațiile, ca mijloace de bază își transferă valoarea asupra produsului în mod treptat, parțial pe măsura uzării lor.

Ca urmare a acestui fapt se produce scăderea potențialului de producție a acestora mai ales din cauza progresării rapide a uzurii și distrugerii rapide a diferitelor organe de mașini.

Restabilirea potențialului de producție la parametrii normali de funcționare se realizează prin lucrări de întreținere și reparare periodică.

În țara noastră aceasta se realizează prin aplicarea sistemului preventiv de reparații periodice planificate în funcție de tipul utilajelor și instalațiilor și de durata limită pînă cînd este necesar să se țină în exploatare un utilaj sau o instalație. Frecvența prea mare a reparațiilor face nerentabilă exploatarea utilajelor, iar frecvența prea mică reduce în mod substanțial durata de funcționare, prin realizarea unor uzuri exagerate.

Sistemul preventiv de reparații planificate dă bune rezultate practice, aducînd importante avantaje materiale economiei naționale dacă are la bază norme tehnice corect întocmite și dacă din punct de vedere organizatoric sînt asigurate condițiile de realizare.

Normele de reparații trebuie să aibă la bază o analiză detaliată a modului de funcționare a utilajelor și instalațiilor și să țină seamă de factorii importanți de care depinde uzura în timp a acestora.

Activitatea termoenergeticienilor din întreprinderile industriale trebuie să fie orientată în următoarele direcții în ceea ce privește lucrările de reparații:

— ridicarea sistematică a nivelului tehnic al exploatării, întreținerii și a deservirii curente a utilajului și instalațiilor în vederea prelungirii duratei

Scanned with OKEN Scanner

de serviciu prin prevenirea defectărilor și prin limitarea uzurii, micșorîndu-se astfel volumul lucrărilor de reparații și mărindu-se durata între diferitele reparații;

— perfecționarea tehnologiei reparației, mecanizarea lucrărilor manuale, folosirea pe scară mare a dispozitivelor și aplicarea de procedee de lucru înaintate;

— descoperirea și înlăturarea defectelor constructive de execuție și proiectare care diminuează valoarea caracteristicilor tehnice etc.

În conformitate cu Decretul nr. 555/1954, mijloacele de bază din R.P.R. se clasifică în grupe care cuprind următoarele mijloace de bază:

Grupa I — clădiri

— clădirile atelierelor, clădirile centralelor electrice, clădirile stațiilor de transformare și distribuție, clădirile pentru compresoare și cazane de abur, hangare, garaje, gări, depouri pentru locomotive, vagoane și tramvaie, laboratoare etc.

Grupa a II-a — construcții speciale

— construcțiile hidraulice, digurile, stăvilarele, debarcaderele, turnurile de răcire, bazinele, canalele, puțurile de apă, îndiguirile, șanțurile, jgheaburile, conductele, canalele pentru aducția apei, galeriile subterane, construcțiile de transport, căile ferate, șoselele (pietruite și asfaltate), sondele petrolifere și de gaz, rezervoarele de apă, de produse petrolifere, coșurile de fum care sînt construite pe fundații proprii, castelele de apă, turlele de sondă, serele și îmbunătățirile funciare, silozurile și docurile.

Grupa a III-a — mașini de forță

— mașinile generatoare, generatoarele electrice, generatoarele de gaz, cazanele de abur cum și accesoriile care sînt legate de instalațiile de cazane și generatoare;

— mașinile motoare: motoarele electrice, mașinile termice (mașini și turbine cu abur, motoare cu ardere internă), turbinele de apă, roțile de apă etc.;

— transformatoarele de energie: redresoarele (cu mercur și cu lămpi), transformatoarele și convertizoarele;

— instalațiile de distribuție: tablourile de distribuție, întreruptoarele automate etc.

Grupa a IV-a — mașini, agregate și instalații de lucru

— mașinile-unelte, mașinile de presat (diferite prese), furnalele, cuptoarele termice etc., turnătoriile, benzile transportoare, compresoarele, pompele acționate mecanic, aparatele de sudură, rezervoarele din industria chimică, mașinile agricole și utilajele pentru agricultură etc.

Grupa a V-a — instalații de transmisie

— rețelele electrice (liniile electrice aeriene și subterane de joasă și înaltă tensiune), liniile de semnalizare, rețelele de telefon și telegraf inclusiv centralele și aparatajul respectiv, conductele pentru abur, apă, gaze, ulei, petrol, aer etc.

Scanned with OKEN Scanner

care nu sînt o parte componentă completatoare a unei mașini, clădirile sau construcțiile (în care caz se încadrează în una din grupele I, II, III).

Mai fac parte din această categorie transmisiile mecanice evaluate pe etaje, pompele de incendiu instalate pe mijloace de transport auto sau hipo și scările mecanice de incendiu.

Grupa a VI-a — unelte, dispozitive și instrumente

— uneltele (sculele) manuale, aparatele de măsurat și de laborator, dispozitivele și instrumentele de lemn, calibrele etc.

Grupa a VII-a — inventar gospodăresc și de birou

— dulapurile de scule, dulapurile de haine, rastelele, cărucioarele, lăzile, mobilierul, pupitrele, cuierele etc.

Grupa a VIII-a — mijloace de transport

— locomotivele cu abur, locomotivele Diesel, vagoanele, tramvaiele, troleibuzele, automotoarele, vagonetele etc.;
— transportul pe apă (șlepurile, șalupele, bacurile, vapoarele etc.);
— transportul auto (autocamioanele, autoturismele, autocisternele, motocicletele, bicicletele etc.);
— transportul cu tracțiune animală (căruțele, trăsurile, harnașamentele etc.),
— transportul aerian (avioanele, helicopterele etc.).

Grupa a IX-a — animale și plantații

— animalele de muncă și transport;
— plantațiile pe mai mulți ani, grădinile fructifere.

16.2. CLASIFICAREA REPARAȚIILOR

Lucrările de reparații planificate se împart în:

— reparații curente (RC);
— reparații mijlocii (RM);
— reparații capitale (RK).

Încadrarea unei lucrări în una din cele trei categorii de reparații se face ținîndu-se seamă de următoarele criterii:
— volumul lucrărilor care urmează a se executa și valoarea de deviz a reparației;
— periodicitatea lucrărilor;
— valoarea mijlocului de bază.

Valoarea mijlocului de bază sau valoarea de înlocuire a mijlocului de bază cu unul echivalent este necesară a se lua în mod obligatoriu în considerare avîndu-se în vedere regulamentul de casare a mijloacelor de bază aprobat cu HCM 711/1962.

În conformitate cu regulamentul de casare Cap. I. art. 1 al. c. lucrările de reparații care depășesc ca valoare 60% din valoarea mijlocului de bază

nu se mai execută, acesta casîndu-se. În anumite situații speciale este permisă executarea unor lucrări a căror valoare depășește 60% din valoarea mijlocului de bază.

a. *Reparațiile curente* formează baza reparațiilor, cu ajutorul cărora se menține utilajul în perfectă stare de funcționare.

În general aceste reparații se execută fără demontarea utilajelor de pe fundație și fără demontarea tuturor părților componente.

În timpul reparațiilor curente, se execută în general, următoarele lucrări:

— curățirea și spălarea completă a utilajului, schimbarea uleiului de ungere la lagăre și curățirea rezervoarelor de ulei de ungere;

— demontarea parțială a pieselor ușor demontabile, recondiționarea și reglarea pieselor, cu înlăturarea jocurilor inadmisibile, cum și strîngerea articulațiilor slăbite;

— verificarea sistemelor de ungere, de alimentare cu apă pentru răcire și eliminarea defecțiunilor constatate;

— verificarea funcționării dispozitivelor de comandă și automatizare;

— recondiționarea protecției împotriva agenților corozivi, prin vopsirea părților ușor atacabile și repararea dispozitivelor pentru protecția și securitatea muncii;

— eliminarea scăpărilor mici de abur sau de gaze;

— înlocuirea garniturilor, refacerea etanșeității la organele de închidere și la conducte;

— mici reparații la zidărie etc.

De multe ori numărul reparațiilor curente și volumul lor, efectuat între două reparații mijlocii sau capitale, diferă ca de la o reparație la alta. În acest caz se obișnuiește a se face o gradație în enumerarea reparațiilor curente, acestea împărțindu-se la rîndul lor în reparații curente de gradul I, II, III, IV.

b. *Reparațiile mijlocii* cuprind volumul de lucrări de la reparațiile curente executîndu-se în plus următoarele lucrări:

— demontarea parțială sau integrală a utilajelor;

— înlocuirea pieselor care sînt uzate sau recondiționarea lor;

— repararea sau înlocuirea pieselor care lucrează prin fricțiune cum sînt rulmenții sau cuzineții lagărelor;

— alezarea cilindrilor și înlocuirea pistoanelor;

— refacerea totală sau parțială a zidăriei refractare a focarelor;

— înlocuirea parțială a suprafețelor de schimb de căldură a cazanelor sau a schimbătoarelor de căldură;

— înlocuirea rotoarelor degradate la pompe;

— repaletarea a 1—2 rînduri de palete la turbine sau turbocompresoare.

În general reparațiile mijlocii diferă de reparațiile curente atît prin volumul de lucrări, cît și prin timpul de indisponibilitate a utilajelor.

Periodicitatea lor este mai mare și cuprinde între ele una sau mai multe reparații curente.

c. *Reparațiile capitale* cuprind ansambluri de lucrări de reparație care urmăresc restabilirea cît mai completă a capacității de lucru a utilajului și restabilirea caracteristicilor tehnice, constructive și funcționale aducîndu-le la valorile inițiale.

Volumul reparației capitale este cel mai mare dintre toate cele ale reparațiilor planificate și cuprinde în general lucrările care se efectuează la reparațiile curente și mijlocii și în plus următoarele:

— demontarea integrală a utilajului;

Scanned with OKEN Scanner

— înlocuirea pieselor uzate sau degradate cum şi a celor care nu mai corespund condiţiilor impuse de regimul de funcţionare;
— înlocuirea în proporţie de peste 50% a suprafeţelor de schimb de căldură la cazane şi schimbătoarele de căldură;
— refacerea integrală a zidăriei refractare a focarelor;
— efectuarea unor lucrări de înaltă precizie şi de deosebită răspundere;
— modernizarea instalaţiilor şi a utilajelor prin executarea unor lucrări care să îmbunătăţească randamentul de funcţionare şi productivitatea fără a se mări valoarea mijlocului de bază.

Natura lucrărilor de reparaţie capitală nu diferă mult de felul şi caracterul lucrărilor care se execută în cadrul reparaţiilor mijlocii, însă acestea se execută mult mai complet şi la toate subansamblurile şi piesele demontate.

16.3. NORMAREA, ORGANIZAREA ŞI EXECUTAREA REPARAŢIILOR

16.3.1. Normarea reparaţiilor

Reparaţiile menţionate mai înainte se execută după anumite reguli care stabilesc periodicitatea reparaţiilor, intervalele în ore de funcţionare la care se execută fiecare reparaţie planificată, durata de imobilizare a utilajelor şi instalaţiilor etc.

Toate aceste reguli formează obiectul normelor de reparaţie. Ele urmăresc reglementarea regimului de reparaţie, precum şi normarea consumului de materiale, piese de schimb şi lubrifianţi.

Elementele la care se referă normele sînt în special următoarele:
— ciclul de reparaţie;
— durata de funcţionare între două reparaţii;
— manopera reparaţiilor;
— durata reparaţiilor în zile calendaristice;
— formaţia echipelor de reparaţii.

De asemenea se mai urmăreşte:
— stabilirea consumului de materiale necesare executării reparaţiilor;
— stabilirea stocului de piese de schimb;
— normarea finanţării reparaţiilor.

Prin *ciclu de reparaţie* se înţelege pentru utilajul aflat în exploatare, intervalul de timp dintre două reparaţii capitale, iar pentru utilajele noi date în exploatare, intervalul de timp de la începerea exploatării pînă la prima reparaţie capitală.

Durata de timp în ore de funcţionare, între două reparaţii planificate, reprezintă durata de funcţionare efectivă a utilajului între acele reparaţii.

Dacă se notează durata calendaristică a reparaţiilor curente cu C, durata calendaristică a reparaţiilor mijlocii prin M şi durata calendaristică reparaţiei capitale prin K atunci durata de funcţionare t se calculează cu formula

$$t = \frac{T - K + nM + mC}{r + 1}, \qquad (16.1)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care: n este numărul de reparații mijlocii într-un ciclu de reparație;
m — numărul de reparații curente într-un ciclu de reparație;
r — $n + m$;
T — durata de funcționare a ciclului de reparație, în h.

Însemnîndu-se cu t_1 durata de funcționare, în h între reparația capitală și mijlocie (sau invers), valoarea lui t_1 se stabilește cu relația

$$t_1 = \frac{T - (K + nM)}{n + 1}. \tag{16.2}$$

Durata reparațiilor în zile calendaristice se determină cu formula

$$D = \frac{B}{cS} + H, \tag{16.3}$$

în care: D este durata de imobilizare a utilajului pentru executarea reparației, în zile;
B — numărul de ore de lucru manuale și la mașini-unelte, necesare pentru executarea reparației respective;
c — numărul de muncitori care lucrează la utilaj și la mașini-unelte, simultan la reparația utilajului respectiv;
S — numărul de schimburi al echipei care lucrează la reparație (schimbul se consideră egal cu 8 h de lucru);
$H = rB$ — timpul necesar pentru verificarea mașinii pe fundație cum și pentru vopsire și uscare după reparație. Pentru toate reparațiile curente și mijlocii de obicei $r = 0$, iar pentru reparațiile capitale $r = 0{,}1$.

În ceea ce privește manopera reparațiilor și formația echipelor de reparație, stabilirea acestor elemente importante din cadrul normelor se efectuează pe baza unei cercetări amănunțite a tehnologiei de reparație, luîndu-se în considerare elementele tehnico-economice în așa fel încît timpul de mobilizare a utilajului să fie îndelungat iar formația echipelor să fie judicios alcătuită pentru a se realiza o productivitate ridicată a lucrărilor.

Costul reparațiilor se calculează cu relația

$$C_t = C_L + C_m + C_p + R + T, \tag{16.4}$$

în care: C_t este costul total al reparațiilor;
C_L — costul lucrărilor de manoperă și la mașini-unelte;
C_m — costul materialelor;
C_p — costul pieselor de schimb;
R — cheltuieli de regie;
T — diferite taxe și impozite.

În R.P.R., conform dispozițiilor în vigoare finanțarea lucrărilor de reparații se face în felul următor:

— costul reparațiilor curente și mijlocii se suportă din fondul de producție al întreprinderii respective;

— costul reparațiilor capitale se suportă din cota destinată reparațiilor capitale, din fondul de amortisment.

Reparațiile accidentale ocazionate de avarii sau pentru prevenirea avariilor se finanțează din fondurile de producție sau de reparații capitale avînd ca cri-

teriu principal pentru stabilirea naturii lor în primul rînd volumul de lucrări necesar a se executa şi în al doilea rînd ciclul reparaţiei.

De obicei în cazuri de avarie sau preveniri de avarie lucrările de reparaţii nu respectă ciclul de reparaţie, în aceste cazuri, volumul lucrărilor fiind unicul criteriu de încadrare a lucrării ca reparaţie capitală sau mijlocie.

16.3.2. Organizarea reparaţiilor

Prin organizarea reparaţiilor se înţelege întregul complex de măsuri prin care se asigură reuşita executării lor.

Organizarea bună a lucrărilor de reparaţii presupune efectuarea următoarelor operaţii tehnico-organizatorice:

— organizarea evidenţei mijloacelor de bază;
— organizarea evidenţei funcţionării utilajului;
— urmărirea executării reparaţiilor planificate;
— procurarea pieselor de schimb necesare reparaţiilor şi depozitarea lor;
— organizarea atelierelor de reparaţii din cadrul întreprinderilor;
— organizarea echipelor de reparaţii, atît în cadrul atelierului de reparaţii, cît şi în cadrul sectoarelor productive;
— organizarea controlului şi recepţiei utilajului reparat.

O importanţă deosebită prezintă organizarea documentaţiei tehnice privitoare la executarea reparaţiilor şi organizarea evidenţei funcţionării utilajului.

Documentaţia tehnică se referă la:

— desenele de reparaţii ale diferitelor utilaje;
— condiţiile tehnice pentru repararea diferitelor mecanisme, piese, subansambluri etc.;
— normativele de reparaţie pentru diferitele subansambluri, utilaje şi piese izolate etc.
— nomenclatoarele de piese de schimb, cu schiţele respective;
— normativele pentru executarea diferitelor piese de schimb;
— colecţia cu procesele tehnologice pentru repararea diferitelor utilaje şi executarea pieselor de schimb.

La scoaterea din funcţiune a unui utilaj pentru executarea unei lucrări de reparaţie mijlocie sau capitală, este important să se întocmească procesul-verbal de constatare a stării utilajului.

Acest proces-verbal va trebui să cuprindă în detaliu constatările asupra gradului de uzură a utilajului şi pe baza lui să se facă modificările în planul de lucrări.

De asemenea este important ca la terminarea lucrărilor să se organizeze şi recepţionarea lucrărilor.

Un rezultat bun în ceea ce priveşte calitatea lucrărilor a dat metoda de control şi recepţie pe parcursul executării lucrărilor şi pe subansambluri.

16.3.3. Volumul lucrărilor de reparaţii

În cele ce urmează se tratează volumul lucrărilor de reparaţii pentru o serie de utilaje termice.

a. *Cazane de abur.* Reparaţiile curente cuprind următoarele lucrări:

— curățirea de zgură a focarului și curățirea de cenușă a suprafețelor de schimb de căldură și a zonelor fără circulație de gaze arse sau cu circulație redusă;
— mici reparații la părțile de zidărie uzate;
— revizuirea și punerea în ordine a armăturilor, în special executarea micilor reparații;
— înlocuirea garniturilor neetanșe;
— revizuirea, curățirea și spălarea supraîncălzitorului, economizorului și preîncălzitorului de aer;
— revizuirea, curățirea și efectuarea lucrărilor de reparații ușoare la ventilatoarele de aer și de gaze arse;
— revizuirea motoarelor electrice, spălarea lagărelor și umplerea lor cu ulei proaspăt;
— revizuirea și repararea dispozitivelor de captat și evacuat cenușa;
— eliminarea diferitelor defecte descoperite în timpul exploatării (a neetanșeităților etc.).

Reparațiile mijlocii cuprind lucrările de la reparațiile curente și în plus următoarele:
— se revizuiesc toate părțile cazanului în interior și exterior;
— în cazul cazanelor cu mori de cărbune, se revizuiesc lagărele morilor și ventilatoarelor, se revizuiesc părțile mobile ale alimentatoarelor, se strîng buloanele, uneori se înlocuiesc bilele morilor (ciocanele);
— se curăță suprafețele de încălzire în exterior;
— se fierb cu substanțe chimice și se curăță în interior tamburele, țevile fierbătoare și cele ale ecranelor, țevile economizoarelor și ale supraîncălzitoarelor;
— se controlează dacă nu este împiedicată deplasarea liberă a diverselor elemente ale cazanului, la dilatarea lor termică;
— se efectuează reparațiile tamburelor, a camerelor de apă și a colectoarelor, încărcîndu-se cu sudură locurile corodate, se înlocuiesc niturile slăbite, se ștemuiesc cusăturile neetanșe și se repară fisurile;
— se înlocuiesc toate țevile defecte (fierbătoare, de ecran, de supraîncălzitor și de economizor);
— armăturile cazanului se demontează, se revizuiesc, se recondiționează complet și se încearcă la etanșeitate;
— se demontează complet banda rulantă a grătarului mecanizat, se revizuiesc piesele componente și se înlocuiesc cele uzate și defecte;
— se demontează reductorul de viteză al grătarului mecanizat, se revizuiesc și se repară;
— dacă este cazul, se face reșamotarea parțială a camerei focarului;
— se înlocuiește blindajul morilor de măcinat cărbune, se repară lagărele, se înlocuiesc ciocanele uzate și se verifică centrarea morilor;
— se revizuiesc, se repară și se echilibrează rotoarele ventilatoarelor de aerisire;
— se repară izolația termică a cazanului, conductelor și armăturilor.

Reparațiile capitale, cuprind în afara lucrărilor indicate la reparații mijlocii și curente în plus următoarele lucrări:
— înlocuirea în proporție a cel puțin 50% a unuia sau a următoarelor subansambluri: economizor, supraîncălzitor, preîncălzitor de aer, ecrane, zidăria refractară a camerei focarului.

b. *Turbine cu abur.* Reparațiile curente cuprind următoarele lucrări:

— lucrările de examinare, reparare şi restabilire a etanşeităţii circuitelor de apă, abur, ulei şi aer, precum şi lucrările de curăţire a condensatoarelor şi a răcitoarelor de ulei şi de aer.

Reparaţiile mijlocii, cuprind lucrările de la reparaţiile curente şi în plus următoarele:

— deschiderea turbinei, examinarea ei şi a instalaţiilor auxiliare;

— curăţirea depunerilor de săruri pe palete, precum şi de murdărie a tuturor pieselor;

— curăţirea răcitorului de aer a generatorului;

— curăţirea condensatorului şi, dacă este cazul, înlocuirea ţevilor sparte sau casante, după care se va executa în mod obligatoriu încercarea hidraulică;

— demontarea şi controlul tuturor pieselor componente ale grupului de răcire şi eventual înlocuirea lor parţială;

— demontarea motorului electric de acţionare la grupul auxiliar de condensaţie;

— demontarea răcitorului de ulei, controlarea şi curăţirea acestuia şi efectuarea încercării la presiune (conform prescripţiilor fabricii constructoare); curăţirea conductelor şi a rezervorului de ulei;

— demontarea, controlul şi şlefuirea tuturor armăturilor;

— controlarea suprafeţelor de contact ale lagărelor;

— controlarea stării labirinţilor;

— controlarea segmenţilor lagărului axial;

— controlarea fiecărei palete în parte (vizual şi prin ciocănire, îndreptarea şi curăţirea lor);

— controlarea carcasei;

— verificarea stării şi a gradului de uzură ale tuturor pieselor;

— controlarea stării regulatorului, a cuplajelor şi a şuruburilor de cuplaj;

— revizia şi repararea aparatajului de măsură, control şi automatizare;

— înlocuirea uneia sau a cel mult două trepte de palete;

— echilibrarea rotorului turbinei şi a generatorului.

Reparaţiile capitale cuprind lucrările enumerate la reparaţiile curente şi mijlocii şi în plus următoarele:

— schimbarea paletelor la mai mult de două trepte;

— înlocuirea în proporţie de circa 50% a ţevilor de condensator;

— înlocuirea plăcilor frontale la condensator;

— înlocuirea de ajutaje etc.

c. *Turbine cu gaze.* Reparaţiile curente cuprind următoarele lucrări:

— examinarea, repararea şi restabilirea etanşeităţii circuitelor de gaze arse, de gaze combustibile, de ulei şi de aer precum şi lucrările de curăţire a răcitoarelor de aer şi de ulei pe partea de apă;

— schimbarea uleiului la lagărele motoarelor electrice şi ale reductoarelor de viteză.

Reparaţiile mijlocii cuprind lucrările de la reparaţiile curente şi în plus următoarele:

— deschiderea turbinei şi compresoarelor şi examinarea lor;

— deschiderea camerelor de ardere, curăţirea lor şi revizia arzătoarelor;

— controlul vizual şi prin ciocănire a paletelor turbinei şi compresoarelor cum şi curăţirea lor;

— curăţirea răcitoarelor de aer de la compresoare şi generatoare;

— curăţirea răcitoarelor de ulei şi efectuarea încercării hidraulice conform prescripţiilor fabricii constructoare;

Scanned with OKEN Scanner

— demontarea reductoarelor de viteză și revizia lor;
— verificarea circuitelor de combustibil și înlăturarea neetanșeităților;
— controlarea labirinților de la compresoarele de aer, gaz și de la turbină;
— controlarea carcasei;
— verificarea stării și gradului de uzură ale tuturor pieselor;
— controlarea stării regulatoarelor, cuplajelor și șuruburilor de cuplaj;
— revizia și repararea aparatajului de măsură, control și automatizare;
— înlocuirea uneia sau a cel mult două trepte de palete la turbină sau compresor.

Reparațiile capitale cuprind lucrările enumerate la reparațiile curente și mijlocii și în plus următoarele:
— schimbarea paletelor la turbină sau compresoare la mai mult de două rînduri;
— înlocuirea răcitoarelor de aer la compresoarele de aer etc.

d. *Motoare cu ardere internă.* Reparațiile curente cuprind următoarele lucrări:
— rodarea și ungerea acului injectorului (această lucrare se efectuează de asemenea la fiecare oprire a motorului);
— curățirea pulverizatoarelor iar, la nevoie, recondiționarea și reglarea pompei de injecție;
— curățirea filtrului de ulei;
— curățirea filtrului de combustibil;
— curățirea carterului;
— rodarea sau înlocuirea supapelor motorului;
— rodarea supapelor compresorului;
— măsurarea diametrelor fusurilor;
— verificarea paralelismului axelor fusurilor de manivelă ale arborelui;
— curățirea și șlefuirea fusurilor manivelă;
— spălarea canalelor de ungere;
— eliminarea jocurilor excesive ale lagărelor de bielă, cu verificarea simultană a alungirii butoanelor de bielă (cu calibru potcoavă);
— revizia și verificarea îmbinărilor volantului contragreutăților și altor piese;
— verificarea poziției arborelui cotit, devierea fălcilor;
— verificarea arborelui cotit în ce privește orizontalitatea;
— verificările de la ultimele două puncte se efectuează întîi cu pistoanele și bielele montate pe arbore și apoi fără a fi montate pe arbore;
— verificarea centrării arborelui cuplat;
— verificarea jocurilor la inelele lagărului de sprijin;
— examinarea exterioară a compoziției pentru lagăre;
— verificarea aderenței compoziției la cuzinet;
— verificarea uzurii compoziției;
— curățirea răcitoarelor și canalelor de ungere;
— lipirea racordurilor, lipirea bavurilor frontale și straturilor de compoziție dezlipite;
— etanșarea presetupelor pompelor de motorină și a injectoarelor;
— curățirea ansamblului volantului;
— verificarea compresiei motorului;
— curățirea țevilor (racordurilor de admisie);
— revizia, verificarea alungirii filetului și a locurilor de ajustare a șuruburilor de bielă;
— spălarea și verificarea tuturor pompelor;

— verificarea funcţionării roţilor dinţate şi a bunei lor fixări;
— revizia, curăţirea şi verificarea serpentinelor compresorului;
— verificarea bătăii volantului.

Reparaţiile mijlocii cuprind lucrările de la reparaţiile curente şi în plus următoarele:
— verificarea cu vopsea a poziţiei fusurilor de pat ale arborelui cotit;
— verificarea se va efectua întîi cu pistoanele şi bielele montate pe arbore şi apoi fără a fi montate pe arbore;
— verificarea jocurilor sub jumătăţile superioare ale lagărelor;
— verificarea adaptării spatelui cuzineţilor la locaşurile batiului şi capacelor;
— verificarea adaptării marginilor cuzinetului de sprijin la suprafeţele frontale ale locaşurilor;
— ajustarea spatelui cuzineţilor în locaşurile lor pe batiu şi capace;
— turnarea din nou a unor lagăre principale;
— înlocuirea supapelor de evacuare şi de admisie;
— demontarea pistoanelor, înlocuirea segmenţilor de piston dacă este cazul, înlăturarea jocului excesiv în lagărele superioare de bielă;
— măsurarea camerelor de compresie;
— măsurarea uzurii cilindrilor;
— înlocuirea şi repararea chiulaselor cilindrilor (în caz de necesitate) cu spălarea tuturor cavităţilor de răcire;
— rectificarea bolţurilor de piston;
— demontarea pistoanelor compresoarelor, înlocuirea segmenţilor, ajustarea lagărelor;
— revizia regulatorului şi a pîrghiilor de comandă ale pompelor de combustibil;
— spălarea întregii aparaturi din circuitul de ulei şi combustibil, cum şi a ţevăriei aferente;
— revizia şi rodarea supapelor buteliilor de aer comprimat;
— înlocuirea acelor şi duzelor;
— verificarea materialului şuruburilor de bielă la obosire.

Reparaţiile capitale cuprind lucrările de la reparaţiile curente şi mijlocii şi în plus următoarele:
— revizia tuturor conductelor de apă;
— curăţirea întregului sistem de evacuare;
— strunjirea sau pilirea fusurilor de palier sau de manivelă, urmată de şlefuirea lor;
— turnarea din nou şi strunjirea lagărelor;
— ajustarea spatelui cuzineţilor la locaşurile lor de pe batiu şi capace;
— ajustarea lagărelor cu răzuitorul la montarea arborelui;
— centrarea arborelui cuplat;
— verificarea şi reglarea mecanismului de comandă a supapelor;
— verificarea la uzură a camerelor şi angrenajelor;
— verificarea fazelor distribuţiei gazelor;
— curăţirea cămăşilor de apă ale conductei de eşapare;
— curăţirea suprafeţelor spălate de apă şi de aer ale radiatoarelor de aer de la instalaţia de aer comprimat;
— verificarea etanşeităţii radiatoarelor. Curăţirea de impurităţi a separatoarelor de aer;
— verificarea stării cadrului de fundaţie şi a fundaţiei şi, la nevoie, reglarea şi repararea lor;

Scanned with OKEN Scanner

— verificarea și reglarea supapelor de siguranță de pe conductele de aer ale injectoarelor;
— verificarea arborelui cotit în ce privește fisurile;
— reglarea motorului.

Dacă este cazul:
— înlocuirea totală sau parțială a pistoanelor sau rectificarea lor;
— înlocuirea cămășilor cilindrilor și alezarea lor;
— strunjirea sau șlefuirea fusurilor arborelui cotit pentru înlăturarea ovalizărilor, conicităților și rizurilor;
— înlocuirea angrenajelor de acționare a arborelui de distribuție;
— ajustarea fusurilor arborelui de distribuție cu înlocuirea sau ajustarea camerelor.

e. *Compresoare.* Reparațiile curente cuprind următoarele lucrări:
— controlarea, repararea și stabilirea etanșeității la circuitul de aer, sau de gaze cu care lucrează compresorul. În general se înlocuiesc garnituri care nu cer demontarea compresorului, se revizuiesc oalele de condensat etc.;
— se spală de ulei lagărele și se schimbă uleiul;
— se curăță părțile exterioare de ulei sau de alte impurități din atmosferă;
— se curăță filtrele, se verifică prinderea pe fundație a compresorului prin controlul strîngerii șuruburilor etc.

Reparații le mijlocii cuprind lucrările de la reparațiile curente și în plus următoarele:
— demontarea completă a compresorului;
— verificarea stării pistoanelor, segmenților, supapelor și a arborelui cotit. Schimbarea segmenților și numai dacă este cazul a pistoanelor;
— șlefuirea supapelor, controlul lagărelor, revizia întregului sistem de ungere;
— verificarea stării buteliei de aer și încercarea la presiune în conformitate cu normele metrologice;
— revizia sistemului de răcire.

Reparațiile capitale cuprind lucrările de la reparațiile mijlocii și în plus următoarele:
— alezarea blocului cilindric;
— schimbarea pistoanelor;
— rectificarea arborelui cotit;
— turnarea din nou a lagărelor;
— înlocuirea supapelor;
— schimbarea cuplelor etc.

f. *Pompe de apă.* Reparațiile curente cuprind următoarele lucrări:
— controlul lagărelor, a circuitului de ungere, a etanșărilor la ventile și la arbore, a cuplajelor etc.

Cu această ocazie se fac mici remedieri aducîndu-se pompa în situația normală de funcționare.

Reparațiile mijlocii cuprind lucrările de la reparațiile curente și în plus următoarele:
— demontarea pompei;
— controlul paletelor și contrapaletelor, a bucșelor de etanșare, a discurilor de echilibrare, a clapei de reținere, a cuzineților etc.;

— verificarea centrării rotorului pompei în raport cu carcasa și la cupla de acționare a motorului;
— lucrările de remediere a elementelor găsite defecte etc.

Reparațiile capitale cuprind lucrările de la reparațiile curente și mijlocii și în plus următoarele:
— înlocuirea uneia sau a mai multor trepte de presiune (palete și contrapalete);
— rectificarea discurilor de echilibrare;
— înlocuirea inelelor de etanșare;
— verificarea săgeții arborelui și îndreptarea acestuia dacă este cazul;
— înlocuirea cuplelor etc.

16.4. PERIODICITATEA LUCRĂRILOR DE REPARAȚII

Pe baza experienței de exploatare se pot stabili informativ următoarele intervale pentru executarea lucrărilor de reparații curente, mijlocii și capitale:

Cazane de abur
— reparațiile curente se execută de 1—2 ori pe an;
— reparațiile mijlocii se execută o dată pe an;
— reparațiile capitale se execută o dată la 3—4 ani.

Turbine cu abur
— reparațiile curente se execută o dată pe an;
— reparațiile mijlocii o dată la 1—2 ani;
— reparațiile capitale o dată la 5—7 ani.

Turbinele cu gaze
— reparațiile curente se execută de 2—3 ori pe an;
— reparațiile mijlocii se execută o dată la 1—2 ani;
— reparațiile capitale se execută la 3—5 ani.

Motoare cu ardere internă
— reparațiile curente se execută la 750 ore de funcționare;
— reparațiile mijlocii se execută la 3 000—4 000 ore de funcționare;
— reparațiile capitale la 10 000 ore de funcționare.

Pentru restul utilajelor analizate lucrările de reparații se planifică în funcție de starea de uzură putîndu-se executa:
— reparațiile mijlocii o dată pe an;
— reparațiile curente de 2—3 ori pe an;
— reparațiile capitale o dată la 2—3 ani.

Scanned with OKEN Scanner

XVII

RECUPERAREA CĂLDURII

Procesele pirotehnologice au o importanţă hotărîtoare pentru multe ramuri industriale principale (metalurgia, construcţia de maşini, industria chimică, prelucrarea ţiţeiului, fabricarea materialelor de construcţie etc.). Procesele de fabricare, topire, încălzire, descompunere şi ardere a diferitelor produse tehnologice se realizează în general cu randamente scăzute; în pierderile de căldură aferente proceselor rezidă importante posibilităţi de recuperare a căldurii.

Dintre posibilităţile de recuperare a căldurii, locul principal îl ocupă entalpia gazelor de ardere, acestea reprezentînd 40—70% din energia combustibilului.

Pierderile însemnate prin evacuarea gazelor de ardere cu o entalpie mare sînt consecinţa faptului că procesele pirotehnologice se desfăşoară la temperaturi ridicate. Deoarece însă reducerea acestor temperaturi nu este raţională, calea de ridicare a randamentului instalaţiilor şi proceselor pirotehnologice o reprezintă recuperarea căldurii din gazele de ardere, realizabilă prin:

— regenerarea căldurii;
— recuperarea căldurii.

Paralel cu acestea, rezerve importante de căldură recuperabilă există în apa de răcire, produsele tehnologice, zgurile tehnologice, aburul de evacuare etc.

17.1. CLASIFICAREA PROCESELOR PIROTEHNOLOGICE, DIN PUNCT DE VEDERE AL POSIBILITĂŢILOR DE RECUPERARE A CĂLDURII

Caracteristica energetică cea mai importantă a oricărui proces este randamentul energetic (raportul dintre cantitatea de căldură folosită în scopuri utile şi cantitatea totală de căldură consumată în proces) (vezi cap. 18).

Aplicîndu-se metoda bilanţului indirect (în ipoteza inexistenţei pierderilor prin ardere incompletă) expresia randamentului are forma:

$$\eta_e = 1 - \frac{Q_{ps} + Q_{ma} + Q_{ga} + Q_{ar}}{Q_c}, \qquad (17.1)$$

în care: Q_{ps} este cantitatea de căldură pierdută prin produsele solide, în kcal/tf;
Q_{ma} — cantitatea de căldură pierdută în mediul ambiant, în kcal/tf;
Q_{ga} — cantitatea de căldură pierdută prin gazele de ardere, în kcal/tf;
Q_{ar} — cantitatea de căldură pierdută prin apa de răcire, în kcal/tf;
Q_c — cantitatea de căldură introdusă cu combustibilul, în kcal/tf.

După cum rezultă din relația (17.1) asupra randamentului procesului influențează pierderile de căldură după cum urmează:

a. Pierderile de căldură prin entalpia produselor solide, exprimate relativ prin raportul $\frac{Q_{ps}}{Q_c}$; variază de cele mai multe ori între 0—0,1 și numai în cazuri rare între 0,15—0,2 (prelucrarea primară a minereurilor metalelor neferoase), reprezentînd în general cea mai dificilă resursă de recuperat.

b. Pierderea de căldură în mediul ambiant, avînd expresia relativă $\frac{Q_{ma}}{Q_c}$, are o valoare cuprinsă între 0,1—0,2 și în general ea poate fi redusă prin măsuri cu caracter organizatoric ca: mărirea încărcăturii agregatului, reducerea timpului de încărcare-descărcare, mărirea grosimii izolației, menținerea izolației în stare perfectă, reducerea timpului procesului tehnologic etc.

c. Pierderea de căldură prin apa de răcire, aferentă în special proceselor care se desfășoară la temperaturi înalte, are expresia relativă $\frac{Q_{ar}}{Q_c}$ cu valori cuprinse între 0,05 și 0,1 permițînd în general o recuperare ușoară în cazul existenței unor consumatori de apă caldă.

d. Cea mai importantă pierdere de căldură o constituie pierderea prin gazele de ardere, care are expresia relativă $\frac{Q_{ga}}{Q_c}$ și valori cuprinse între 0,4 și 0,7.

Valoarea acestei pierderi depinde în special de excesul de aer și de temperatura gazelor de ardere care trebuie să fie totdeauna mai mare decît temperatura produsului încălzit ($t_{ga} > t_p$). Existența unei relații bine definite între t_{ga} și t_p stabilește dependența directă a randamentului procesului pirotehnologic de nivelul său de temperatură, cu mențiunea că t_p (nivelul de temperatură al procesului) nu reprezintă temperatura mediului gazos care cedează căldura, ci temperatura tehnologică necesară procesului (200—300°C la prelucrarea țițeiului respectiv 1500—1600°C la fabricarea oțelului).

Numeroasele nivele de temperatură se pot grupa într-un număr limitat de clase:

Grupa: Nivel termic 300—900°C
— distilarea fracționată a țițeiului 200—300°C;
— cracarea păcurii 400—500°C;
— semicocsificarea cărbunilor 500—550°C;
— cocsificarea cărbunilor 500—600°C;
— descompunerea dolomitei (carbonat de magneziu și calciu) 600—800°C;
— gazificarea cărbunilor 800—900°C.

Grupa: Nivel termic peste 900°C
— topirea cuprului 1080°C;
— topirea nichelului 1450°C;
— arderea clincherului de ciment 1450°C;

— topirea aliajelor fierului peste 1530°C;
— topirea sticlei 1600°C;
— topirea cromului 2000°C;
— topirea molibdenului 2600°C.

În funcție de nivelul termic al proceselor tehnologice și de pierderea de căldură se aplică diverse scheme de recuperare a căldurii.

Gradul de recuperare al pierderilor de căldură are o influență decisivă asupra economiei energetice a proceselor pirotehnologice. Din acest punct de vedere apare necesară introducerea noțiunii de randament energetic al întregului proces.

$$\eta = 1 - \frac{(1-\alpha)\,Q_{ps} + (1-\beta)\,Q_{ma} + (1-\gamma)\,Q_{ga} + \delta Q_p}{Q_c} \qquad (17.2)$$

în care α, β, γ, δ sînt coeficienți de recuperare tehnologică și au valoarea cuprinsă între 0 și 1. Creșterea randamentului unui proces pirotehnologic la care se aplică recuperarea căldurii se definește prin relația:

$$\Delta\eta = \frac{\alpha Q_{ps} + \beta Q_{ma} + \gamma Q_{ga}}{Q_c}. \qquad (17.3)$$

Metoda cea mai simplă și mai importantă de mărire a randamentului proceselor pirotehnologice nu constă în recuperarea suplimentară a căldurii, ci în reducerea maximă a pierderilor de căldură printr-o raționalizare corespunzătoare a construcției și exploatării agregatelor tehnologice.

Nu toate pierderile de căldură recuperate se pot utiliza cu aceeași eficacitate economică sau chiar cu una comparabilă. Condițiile principale care determină posibilitatea tehnică și rentabilitatea recuperării oricăror pierderi de căldură sînt următoarele:

— continuitatea procesului de producere;
— nivelul de temperatură suficient de ridicat;
— concentrația calitativă;
— investițiile reduse.

Dintre toate pierderile de căldură, pierderile de căldură prin evacuarea gazelor de ardere îndeplinesc în cea mai mare măsură condițiile menționate din care cauză reprezintă domeniul cel mai indicat de recuperare a căldurii.

Pornindu-se de la ideea că este mai rațional să se economisească o tonă de combustibil decît să se extragă, acțiunea de recuperare a căldurii în industrie are o deosebită importanță în industria socialistă.

Dacă la scară națională se examinează economicitatea recuperării căldurii după criteriul recuperării investițiilor suplimentare:

$$K = \frac{\Delta I}{\Delta E} \qquad (17.4)$$

unde ΔI sînt investițiile suplimentare pentru recuperarea căldurii iar ΔE — economia de cheltuieli anuale într-o instalație energetică primară și una de recuperare, se constată în totalitatea cazurilor avantajul net al instalațiilor de recuperare a căldurii.

Economiile bănești și de combustibili realizate prin refolosirea pierderilor de căldură contribuie la dezvoltarea noilor ramuri industriale.

Scanned with OKEN Scanner

17.2. FOLOSIREA PIERDERILOR DE CĂLDURĂ LA NIVEL TERMIC RIDICAT

Pierderile de căldură la nivel termic ridicat, în general peste 900°C pot fi refolosite, fie în scopuri tehnologice, fie în scopuri energetice. Direcția principală a folosirii în scopuri tehnologice o reprezintă regenerarea căldurii sau utilizarea ciclică a căldurii.

17.2.1. Regeneratoarele de căldură

Fracțiunea regenerabilă din cantitatea de căldură a gazelor de ardere se exprimă prin relația:

$$q_r = \frac{V_a\, c_{p_a}\, t_a}{V_{ga}\, c_{p_{ga}}\, t_{ga}} \qquad (17.5)$$

în care: c_{p_a}, $c_{p_{ga}}$ sînt căldurile specifice la presiune constantă ale aerului respectiv ale gazelor de ardere, în kcal/Nm³ grd;

V_a, V_{ga} — volumele de aer respectiv de gaze de ardere, în Nm³;

t_a, t_{ga} — temperaturile aerului preîncălzit (considerîndu-se 0°C la intrarea în regenerator) respectiv a gazelor arse, în °C;

q_r — depinde de rapoartele $\frac{V_a}{V_{ga}}$, $\frac{c_{p_a}}{c_{p_{ga}}}$ și $\frac{t_a}{t_{ga}}$.

Raportul $\frac{V_a}{V_{ga}}$ depinde de natura combustibilului și de conducerea procesului de ardere (excesul de aer) din focarul instalației de ardere;

$$\frac{c_{p_a}}{c_{p_{ga}}} = \frac{0{,}31 + 0{,}00002\, t_a}{0{,}323 + 0{,}000035\, t_{ga}};$$

$\frac{t_a}{t_{ga}} \leqslant 1$. Acest raport în general este limitat de considerente economice.

În fig. 17.1 este reprezentată variația suprafeței de încălzire a regeneratorului în funcție de raportul $\frac{t_a}{t_{ga}}$ și diverse rapoarte $\frac{V_a}{V_{ga}}$ cuprinse între 0,4 și 1,0 la temperatura gazelor de ardere t_{ga} = 1500°C, temperatură uzuală a produselor la care se aplică regenerarea căldurii.

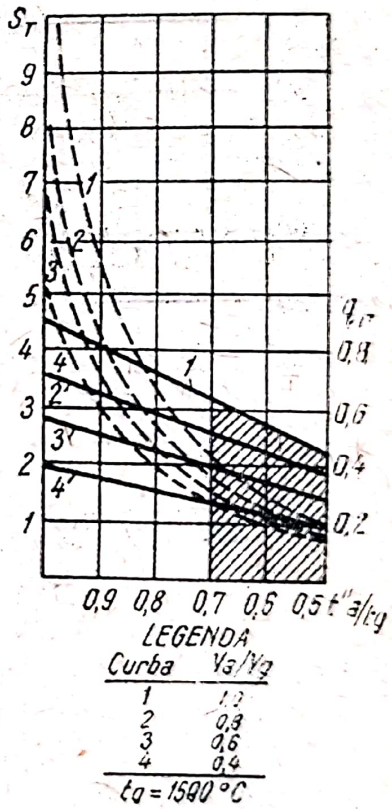


Fig. 17.1. Variația coeficientului de regenerarea căldurii q_r și a suprafeței de regenerare S_r în funcție de variația rapoartelor $\frac{t_a}{t_{ga}}$ și $\frac{V_a}{V_{ga}}$ la t_{ga} = 1 500°C (zona haşurată reprezintă domeniul aplicabil de regenerare).

Economia reală de combustibil care apare prin regenerarea căldurii este dată de relația:

$$\Delta B = \frac{V_{ga} \cdot C_{ga} (t_{ga} - t_{ge}) Z}{\eta_a Q_i} \quad [\%] \qquad (17.6)$$

în care: t_{ge} este temperatura gazelor la ieșirea din regenerator, în °C;
η_a — randamentul arderii, în %;
Z — coeficient care ține seamă de pierderile de căldură în regenerator și în sistemul de transport al aerului preîncălzit și are valori cuprinse între 0,6 și 0,9.

În fig. 17.2 este reprezentată variația economiei de combustibil ΔB în funcție de temperatura de preîncălzire a aerului t_a și de temperatura de preîncălzire a combustibilului t_c.

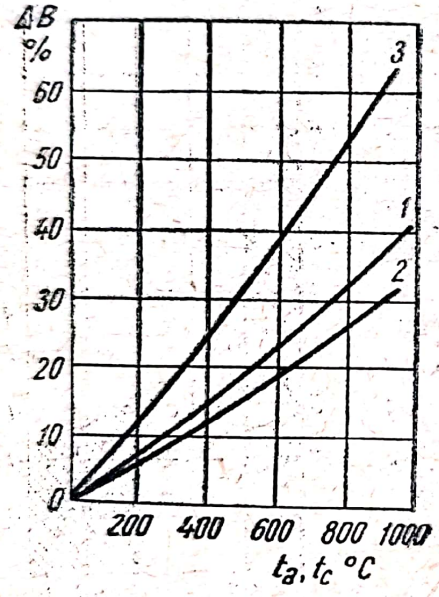


Fig. 17.2. Variația economiei de combustibil prin regenerare ΔB în funcție de temperatura aerului preîncălzit t_a și de temperatura combustibilului preîncălzit t_c:

1 — se arde gaz de furnal, se preîncălzește aerul; *2* — se arde gaz de furnal, se preîncălzește aerul și combustibilul.

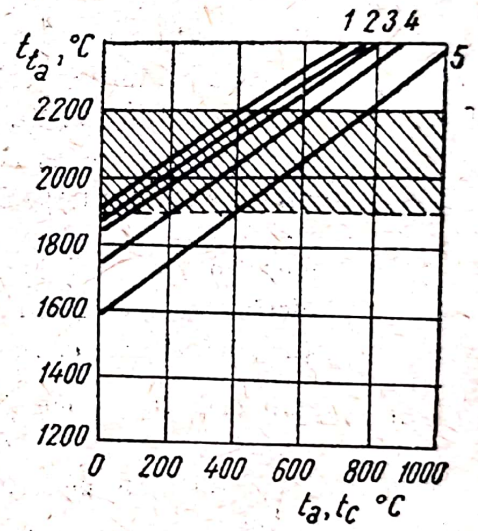


Fig. 17.3. Variația temperaturii teoretice de ardere t_{ta} în funcție de temperatura de preîncălzire a aerului t_a și a combustibilului t_c:

1 — păcură Q_i = 9 700 kcal/kg, balast 5%; *2* — huilă Q_i = 7 400 kcal/kgf, balast 10%; *3* — huilă Q_i = 6 200 kcal/kgf, balast 25%; *4* — gaz de amestec Q_i = 2 500 kcal/Nm³, balast 39%; *5* — gaz de gazogen Q_i = 1 400 kcal/Nm³ balast 57%.

Eficacitatea energetică a utilizării gazelor de ardere pentru preîncălzirea componenților rezultă nu numai din economia directă de combustibil ci și din lărgirea gamei de calitate a combustibililor utilizabili.

Paralel cu aceasta încălzirea aerului sau a aerului şi combustibilului la temperaturi ridicate măreşte temperatura în spaţiile de lucru ale agregatelor. În fig. 17.3 este reprezentată variaţia temperaturii teoretice de ardere a diverşilor combustibili în funcţie de temperatura de preîncălzire a aerului şi combustibilului.

Domeniul haşurat indică intervalul necesar de temperaturi pentru procesele tehnologice care impun regenerarea căldurii. Calitatea unui grilaj de regenerator se caracterizează prin raportul $\frac{F}{G}$ în care F este suprafaţa activă, în m^2 şi G — greutatea activă în tf (la majoritatea sistemelor $\frac{F}{G}$ =25—33 m^2/tf).

17.3. RECUPERATOARE DE CĂLDURĂ

Recuperatoarele de căldură se folosesc în general în domeniile de temperatură a gazelor de ardere de 400—900°C sau ca a doua treaptă de recuperare după regeneratoare sau cazane recuperatoare.

Dacă în recuperator sensurile de curgere (aer şi gaze de ardere) sînt paralele, recuperatorul lucrează în echicurent; dacă sensurile sînt opuse recuperatorul lucrează în contracurent, iar dacă acestea se întretaie recuperatorul funcţionează cu curenţi încrucişaţi.

Economia de combustibil realizată prin preîncălzirea aerului se exprimă prin relaţia (17.6).

Calculul recuperatorului implică un calcul termic de schimb de căldură şi un calcul de pierdere de presiune.

Suprafaţa de încălzire a recuperatorului se determină cu relaţia

$$F = \frac{Q}{k\ \Delta t_m \cdot \varepsilon} \quad [m^2], \tag{17.7}$$

în care: Q este cantitatea de căldură recuperată în kcal/h;
k — coeficientul de transmitere a căldurii în kcal/m^2·h·grd;
Δt_m — diferenţa medie logaritmică de temperatură dintre gaze de ardere şi aer în grd;
ε — coeficient care ţine seamă de schema de circulaţie a gazelor.

În fig. 17.4 este reprezentată o diagramă pentru calculul diferenţei medii logaritmice de temperatură Δt_m în funcţie de diferenţele de temperatură dintre aer şi gazele de ardere Δt_{min} şi Δt_{max}.

În fig. 17.5 este reprezentată variaţia coeficientului de transmitere a căldurii k la diversele tipuri de recuperatoare. Pierderea de presiune pe partea gazelor de ardere într-un recuperator se calculează cu relaţia

$$\Delta P_g = a\,(n + m)\,T\,W_g^2 \cdot 10^{-4} \quad [mm\ H_2O], \tag{17.8}$$

în care: n este numărul de elemente în sensul curgerii gazelor;
m — numărul de treceri în sensul curgerii gazelor;
T — temperatura absolută a gazelor de ardere, în °K;
a — coeficient cu valorile:
0,61 pentru elemente 17,5; 0,55 pentru elemente 28;
0,16 pentru elemente fără proeminenţe exterioare;
0,75 pentru elemente Victoria Calan.

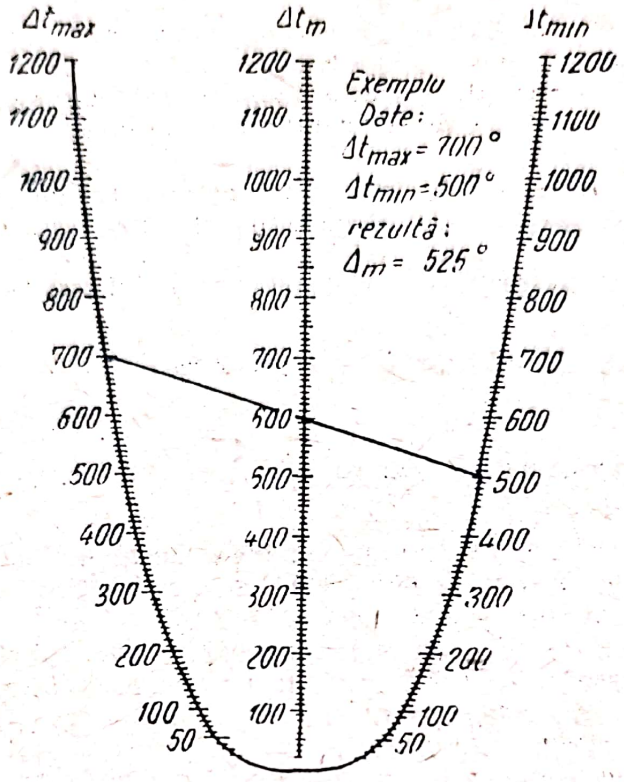


Fig. 17.4. Nomogramă pentru calculul diferenței medii logaritmice Δt_m.

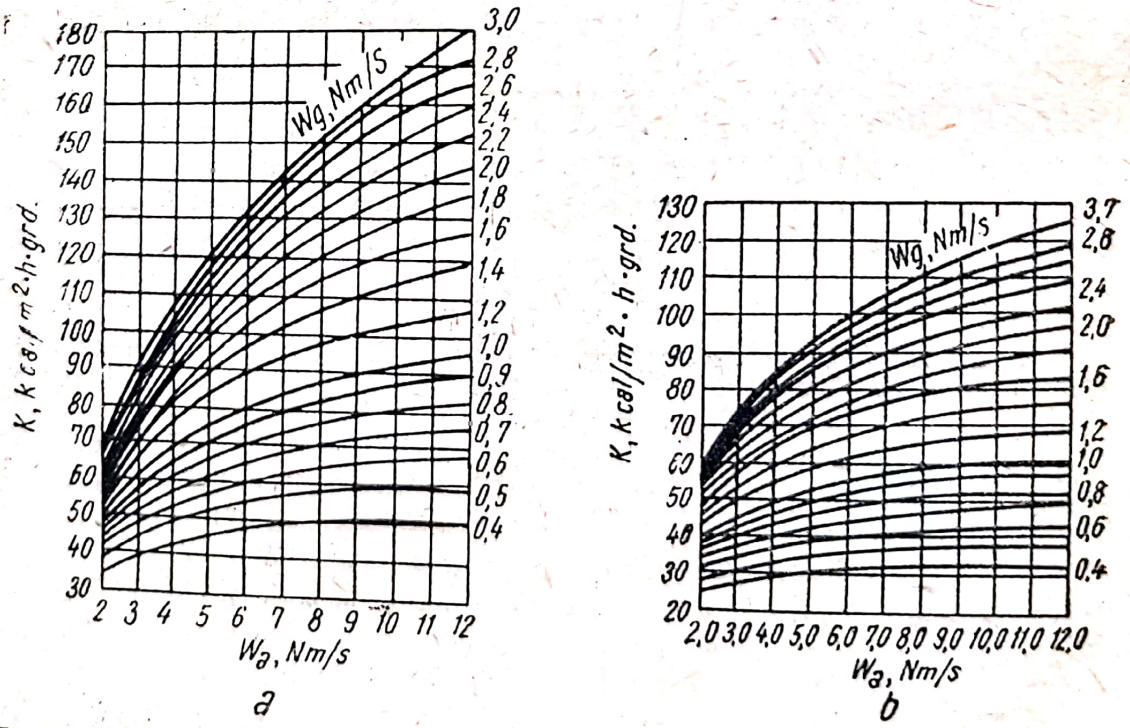


Fig. 17.5. Coeficientul k funcție de viteza aerului W_a și a gazelor de ardere W_{ga}: a — recuperatorul 17,5; b — recuperatorul 28; c — recuperatorul fără proeminențe aciculare exterioare. (Vezi și tabela 17.1.)

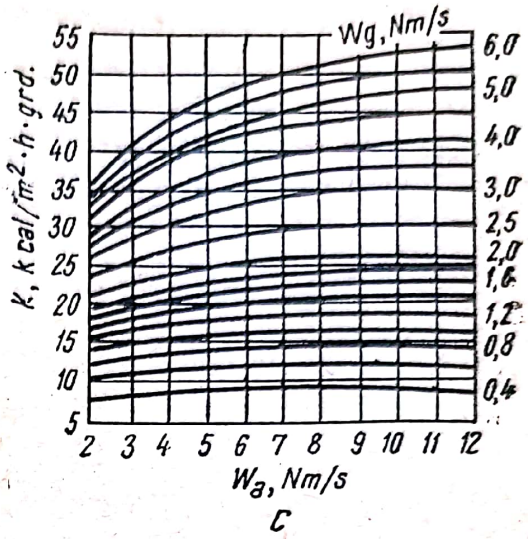


Fig. 17.5. Coeficientul k funcţie de viteza aerului W_a şi a gazelor de ardere W_{ga}:

a — recuperatorul 17,5; *b* — recuperatorul 28; *c* — recuperatorul fără proeminenţe aciculare exterioare. (Vezi şi tabela 17.1.)

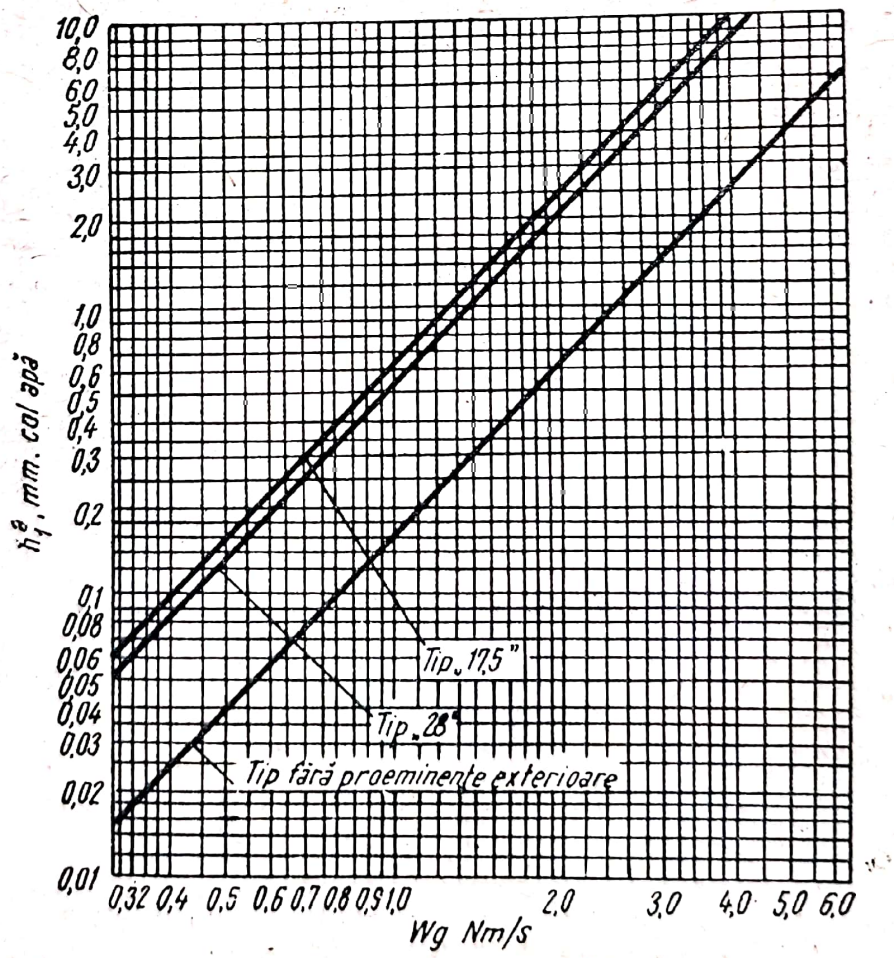


Fig. 17.6. Rezistenţa aerodinamică a elementelor de recuperare pe partea de gaze.

Relația (17.8) se mai poate scrie:

$$\Delta P_g = h_1^a (n + m)\, T \cdot 10{-}4 \qquad [\text{mm } H_2O], \qquad (17.9)$$

în care h_1^a se dă grafic în fig. 17.6.

Pierderile de presiune pe partea de aer se calculează cu relația:

$$\Delta P_a = A W_a^2 \frac{T}{273} \qquad [\text{mm } H_2O], \qquad (17.10)$$

în care A este un coeficient care depinde de lungimea elementului l (Victoria Călan)

l —	880	1 135	1 385	1 395	1 640 mm
A —	0,312	0,377	0,444	1,84	0,5

Relația (17.10) se poate scrie simplificat:

$$\Delta P_a = h_1^a \frac{T}{273} \qquad [\text{mm } H_2O], \qquad (17.10a)$$

în care h_1^a este reprezentat grafic în fig. 17.7.

Viteza aerului în recuperator se recomandă $W_a = 3...8$ Nm/s (viteza considerată la debit exprimat în Nm^3/s) iar presiunea statică maximă 900—1000 mm H_2O.

Pentru elementele Victoria Călan „17,5" și „28" se recomandă o viteză a gazelor de ardere $W_g = 0{,}5...2$ Nm/s iar pentru elementele de recuperator fără proeminențe exterioare $W_g = 1...4$ Nm/s.

Pentru protejarea materialului se recomandă ca temperatura gazelor de ardere să nu depășească 800°C și raportul W_a/W_g să nu depășească 4.

În cazul în care are loc o mărire a căderii de presiune (murdărirea recuperatorului, arderea elementelor etc.) pot apărea următoarele efecte:

— se arde mai puțin combustibil și deci scade productivitatea cuptorului;
— se modifică regimul termic în spațiul de lucru și scade calitatea produselor;
— scade randamentul ventilatorului de aer din cauza modificării poziției punctului de funcționare de pe caracteristica debit-presiune.

Recuperatoarele de căldură pentru cuptoare se clasifică în următoarele categorii:

— recuperatoare cu proeminențe aciculare;
— recuperatoare termobloc;
— recuperatoare din țevi netede;
— recuperatoare de radiație (în general ceramice).

Recuperatoare aciculare. Elementul de bază al recuperatorului acicular este un tub de fontă cu proeminențe situate pe una sau ambele fețe. Aerul trece prin interiorul tubului iar gazele de ardere prin exterior.

Recuperatorul Victoria Călan face parte din această clasă. În fig. 17.8 sînt reprezentate secțiunile principale prin recuperatorul Victoria Călan.

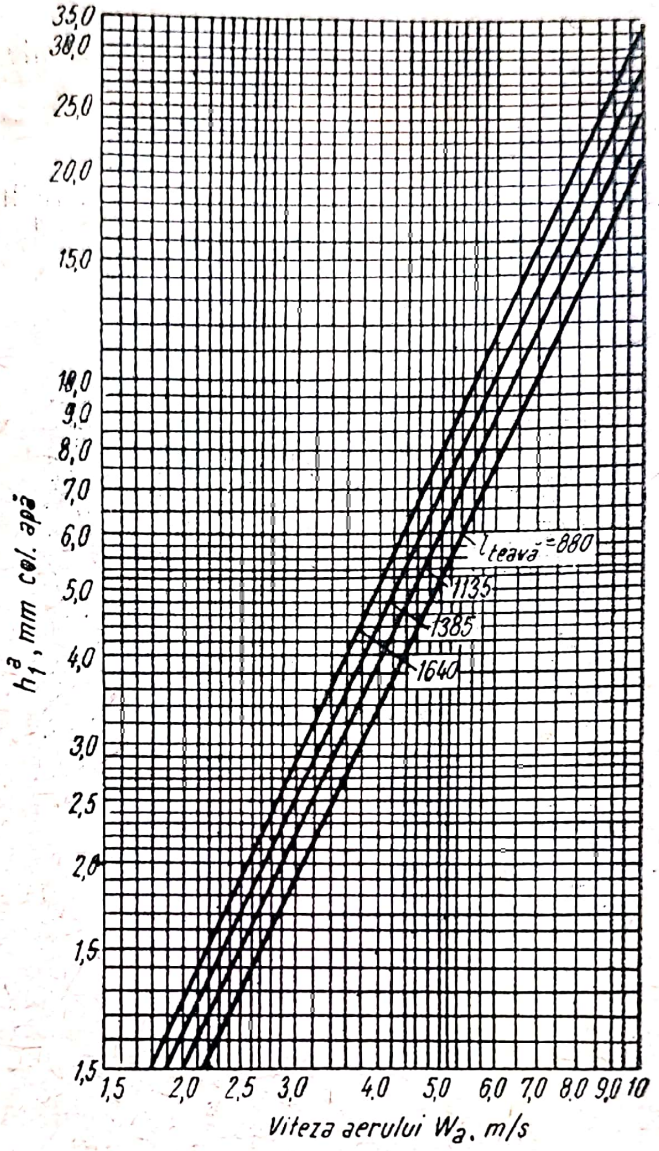


Fig. 17.7. Rezistența aerodinamică a elementelor de recuperare pe partea aer.

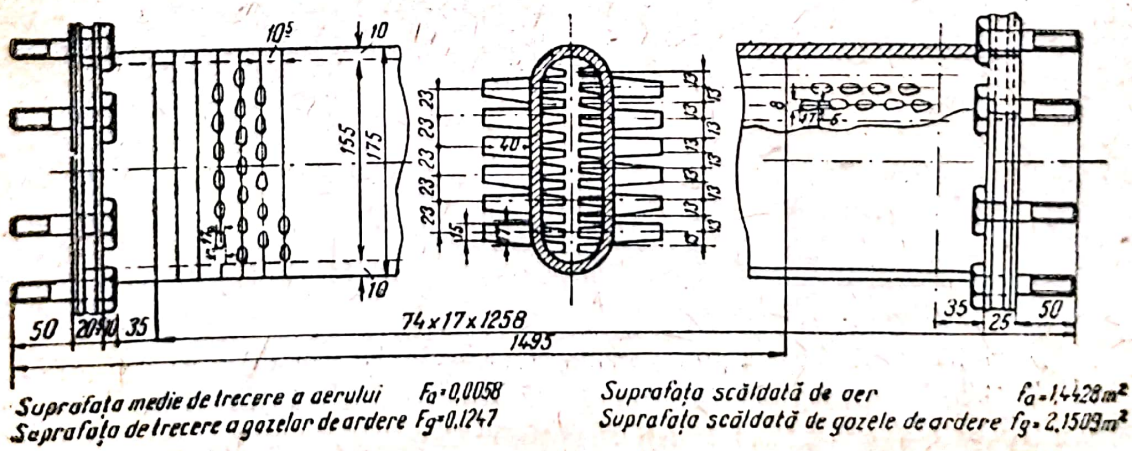


Fig. 17.8. Secțiunile principale prin recuperatorul Victoria Călan.

Scanned with OKEN Scanner

Caracteristicile principale ale recuperatoarelor aciculare sînt cuprinse în tabela 17.1.

Recuperatoare termobloc. Recuperatoarele termobloc constau din două fascicule de țevi dispuse perpendicular, solidarizate între ele prin intermediul unei carcase metalice în care se toarnă fonta topită și care în general se solidarizează cu scheletul metalic al cuptorului. În fig. 17.9 este reprezentată carcasa unui termobloc.

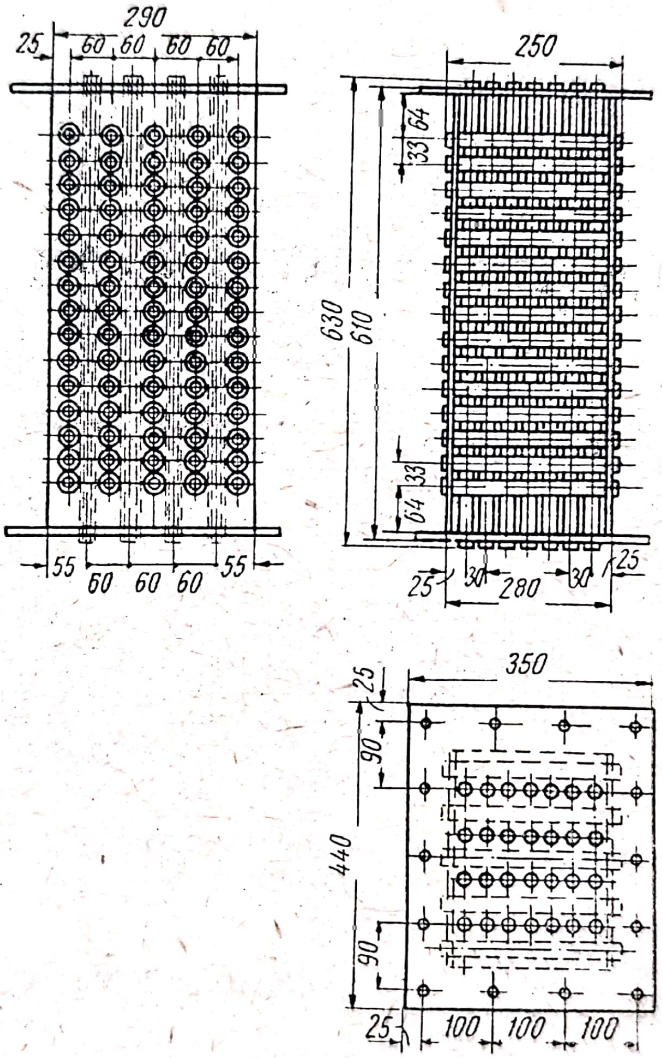


Fig. 17.9. Carcasa unui termobloc.

Termoblocurile se folosesc la cuptoare mici la care arderea nu se termină în spațiul de lucru.

Termoblocurile permit preîncălzirea a 250—300 Nm^3/h de aer la 200—250°C cînd temperatura gazelor de ardere la intrarea în recuperator este de 900—1000°C.

Caracteristicile tehnice ale termoblocurilor sînt cuprinse în tabela 17.2.

Tabela 17.1. **Caracteristicile tehnice ale recuperatoarelor aciculare**

Caracteristica	Unitatea de măsură	Victoria Călan	Recuperatoare sovietice												
			„17,5“				„28“				Fără proeminențe exterioare			RIM*)	
Lungimea elementului (totală)	mm	1395	880	1135	1385	1640	880	1135	1385	1640	880	1135	1385	1640	1215
Secțiunea de trecerea aerului	m²	0,0058	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,012
Secțiunea de trecerea gazelor de ardere	m²	0,1247	0,060	0,080	0,100	0,120	0,070	0,092	0,114	0,136	0,042	0,055	0,067	0,080	0,018
Numărul proeminențelor pe partea de contact cu aerul	buc	1376	636	852	1068	1284	636	852	1068	1284	636	852	1068	1284	596
Numărul proeminențelor pe partea de contact cu gazele de ardere	buc	976	558	740	922	1118	298	396	496	594	nu are				848
Suprafața scăldată de aer	m²	1,44	0,83	1,12	1,41	1,70	0,83	1,12	1,41	1,70	0,83	1,12	1,41	1,70	1,3
Suprafața scăldată de gazele de ardere	m²	2,15	1,34	1,81	2,27	2,64	0,95	1,26	1,60	1,90	0,40	0,53	0,66	0,79	1,4
Suprafața convențională de încălzire	m²	0,357	0,25	0,33	0,425	0,50	0,25	0,33	0,425	0,50	0,25	0,33	0,425	0,50	0,535
Greutatea elementului	kgf	88	45	55	66	80	41	52	63	76	31	39	47	55	100
Lungimea netă a elementului (fără flanșe)	mm	1350	790	1045	1295	1550	790	1045	1295	1550	790	1045	1295	1550	1085

*) Recuperatoare de dimensiuni mici care se livrează montate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 17.2. **Caracteristicile tehnice ale termoblocurilor**

Caracteristica	Unitatea de măsură	Tipul recuperatorului		
		I	II	III
Suprafaţa de încălzire pe partea gazelor de ardere	m^2	0,656	1,5	2,7
Suprafaţa de încălzire pe partea aerului	m^2	0,663	1,2	2,15
Debitul aerului preîncălzit	m^3N/h	—	100	240
Coeficientul de transmitere a căldurii, k	$\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot grd}$	—	20—25	—
Rezistenţa pe drumul aerului în recuperator	mm H_2O	—	60—80	45
Temperatura de preîncălzire a aerului la intrarea gazelor de ardere de 1100°C	°C	—	400—450	—
Greutatea elementului	kgf	122	200	430

Coeficientul de transmitere a căldurii k în funcţie de W_a şi W_{ga} este reprezentat în fig. 17.10.

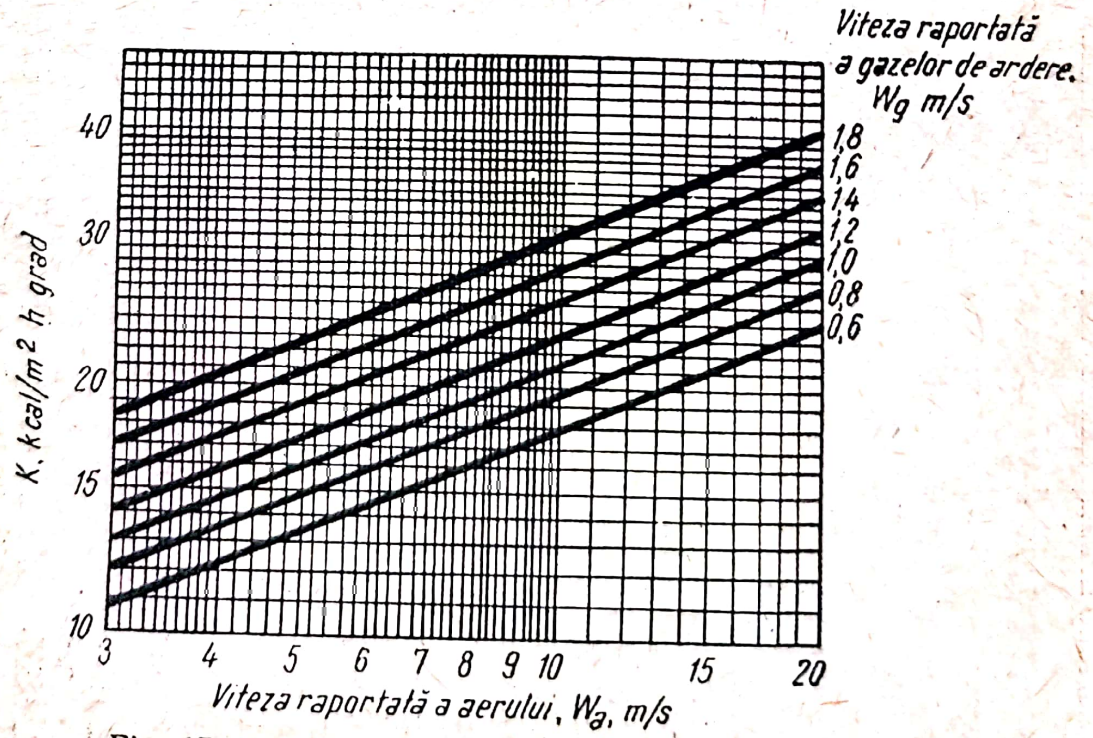


Fig. 17.10. Coeficientul global de transmiterea căldurii k în funcţie de W_a şi W_{ga}.

Pierderile de presiune ale termoblocului în funcție de viteza aerului sînt reprezentate în fig. 17.11.

Recuperatoare cu țevi netede de oțel. Recuperatoarele formate din tuburi netede de oțel se utilizează în special la cuptoarele mari de încălzit, la care nu este rațional să se instaleze termoblocuri, care au o greutate mare raportată la unitatea de căldură transmisă, sau recuperatoare aciculare alcătuite din prea multe elemente cu o etanșeitate redusă.

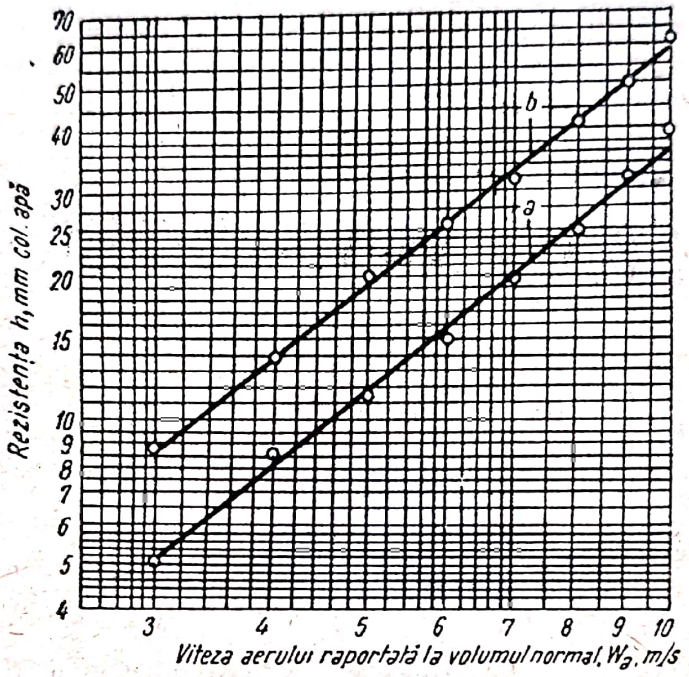


Fig. 17.11. Pierderile de presiune în termobloc:
a — temperatura aerului 25°C; *b* — temperatura medie a aerului 215°C.

În recuperatoarele cu țevi netede de oțel prin tuburi circulă unul dintre fluide (aerul sau gazele de ardere) iar printre țevi circulă celălalt fluid.

Recuperatoarele pot fi de forme diferite și se construiesc cu una sau în mai multe treceri.

În tabela 17.3 sînt cuprinse caracteristicile principale ale recuperatoarelor tubulare.

Recuperatoarele tubulare de căldură folosite la cazanele de abur se numesc preîncălzitoare de aer. Ele se adoptă de obicei la cazane cu debite de peste 10 t/h, însă și la debite mai reduse folosirea preîncălzitorului de aer aduce avantaje tehnico-economice.

Parametrul principal al preîncălzitoarelor de aer este raportul dintre viteza aerului și cea a gazelor de ardere care are următoarele valori:

— preîncălzitoare din țevi $W_a/W_{ga} = 0{,}5$;
— preîncălzitoare cu aripioare sau proeminențe $W_a/W_{ga} = 0{,}7$;
— preîncălzitoare cu plăci sau plăci cu aripioare $W_a/W_{ga} = 1$.

Tabela 17.3. **Caracteristicile tehnice ale recuperatoarelor tubulare folosite la cuptoarele metalurgice sovietice de mare capacitate**

Indicele	Unitatea de măsură	Tipul recuperatorului		
		I	II	III
Debitul de aer	m^3 N/h	7000	8000	16 000
Temperatura gazelor de ardere:				
la intrarea în recuperator	°C	900	900	1000
după recuperator	°C	300	300	340
Temperatura de preîncălzire a aerului	°C	550	540	680
Suprafața de încălzire	m^2	170	228	480
Numărul tuburilor	bucăți	458	616	2×572
Dimensiunile tuburilor:				
diametrul interior	mm	24	24	33
grosimea peretelui	mm	1,5	1,5	2,5
lungimea	mm	4700	4700	3 500
Greutatea părții metalice a recuperatorului	tf	16,8	19	40
Căderea de presiune:				
pe drumul aerului	mmH_2O	235	235	160
pe drumul gazelor de ardere	mmH_2O	12	12	20
Coeficientul global de transmitere a căldurii, K	$\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot grd}$	22,3	18,6	16,1
Greutatea specifică a recuperatorului raportată la suprafața de încălzire	kgf/m^2	98,9	83,5	83,5

Recuperatoare prin radiație. La recuperatoarele prezentate anterior, majoritatea cantității de căldură se transmite prin convecție. În ultimul timp, datorită progreselor realizate în metalurgia oțelurilor refractare s-au dezvoltat și recuperatoarele prin radiație. La aceste tipuri de recuperatoare temperatura peretelui metalic poate ajunge pînă la 1050°C iar gazele de ardere pot fi introduse în recuperator cu temperatura de pînă la 1600°C, aerul preîncălzindu-se pînă la temperatura de 800°C. Folosirea acestor recuperatoare la gaze de ardere cu temperatura sub 800°C nu este indicată. Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din recuperator este de 650°C ceea ce implică folosirea în serie a recuperatoarelor prin radiație cu recuperatoare prin convecție.

În aceste recuperatoare apa se preîncălzește pînă la 500°C la o pierdere de presiune de 150—250 mm H_2O.

Variația coeficientului de transmitere a căldurii k în funcție de diametrul interior al țevii și de temperatura gazelor de ardere la intrarea în recuperator este reprezentată în fig. 17.12.

Viteza aerului în recuperator se recomandă de 10—12 m/s.

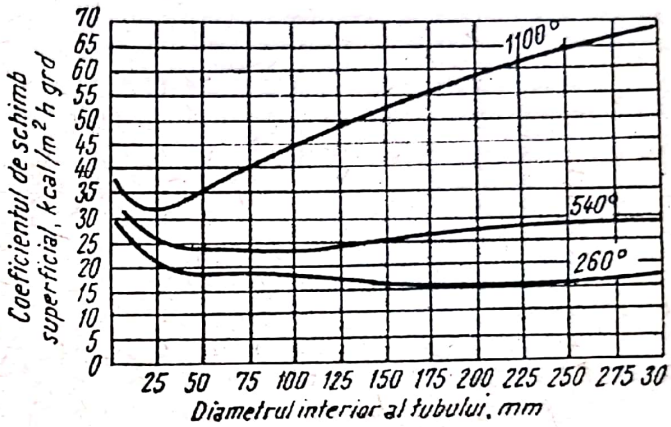


Fig. 17.12. Variația coeficientului de transmitere a căldurii k în funcție de temperatura gazelor de ardere la intrarea în recuperator și de diametrul tubului la compoziția gazelor de ardere: CO_2 = 6,5%, H_2O = 16% și la viteza gazelor de 3 m/s.

Caracteristicile tehnice ale recuperatoarelor prin radiație la temperatura de intrare a gazelor de ardere 1 100° C și temperatura de preîncălzire a aerului de 300—350°C sînt cuprinse în tabela 17.4.

Tabela 17.4. **Caracteristicile tehnice ale recuperatoarelor radiante folosite la cuptoare de topire de debite mici**

Debitul de aer m³N/h	Căderea de presiune pe traseul aerului mm H_2O	Tubul de fontă		Greutatea părții metalice kgf
		Înălțimea H mm	Diametrul D mm	
50—60	110	1300	300	210
100—120	150	1300	350	310
150—180	150	1300	450	320
200—250	130	1440	500	480
300—350	130	1600	600	630
400—500	140	1775	650	760
600—700	140	2025	700	880

Recomandări privind folosirea recuperatoarelor metalice la cuptoarele industriale. Materialele folosite pentru construcția recuperatoarelor metalice sînt: oțelul carbon obișnuit, fonta cenușie, oțelul și fonta refractară.

Temperatura maximă a peretelui recuperatorului din oțel-carbon obișnuit este de 450—500°C, iar a celui din fontă cenușie de 500—550°C. Aceste temperaturi conduc corespunzător la o preîncălzire a aerului de 250—300°C pentru recuperatoarele din oțel carbon și de 300—350°C pentru recuperatoarele din fontă cenușie; la ambele tipuri temperatura gazelor de ardere se limitează la 700—750°C.

Raportul dintre viteza aerului și viteza gazelor de ardere trebuie să fie de maximum 4 la recuperatoarele cu proeminențe aciculare pe ambele părți și de 1,5—2 la recuperatoarele cu proeminențe pe o singură parte și la cele cu tuburi de oțel. Depășirea acestui raport și a temperaturii gazelor de ardere reduce mult durata de utilizare.

Cînd este necesară mărirea temperaturii de preîncălzire a aerului la 350—400°C și corespunzător a gazelor de ardere la 700—800°C se folosește oțelul și fonta aliată cu crom, siliciu, aluminiu, nichel, mangan, molibden, wolfram, titan etc. Cînd gazele de ardere conțin sulf nu se pot folosi oțeluri aliate cu crom și nichel. Refractaritatea oțelului este mărită de conținutul în crom care poate atinge 30%.

Scăderea temperaturii pe partea aerului este semnul înrăutățirii etanșeității la gaze a recuperatorului sau a murdăririi suprafețelor de schimb de căldură.

Recuperatorul se murdărește cel mai mult în timpul încălzirii cuptorului, funcționarea intermitentă a acestuia accentuînd murdărirea suprafețelor.

Intervalele de curățire ale recuperatoarelor la funcționarea normală se arată în tabela 17.5.

Tabela 17.5. **Perioada de timp între două curățiri ale recuperatoarelor de căldură**

Tipul recuperatorului	Combustibilul		
	Gaze epurate	Păcură și gaze cu praf	Cărbune sau cocs
Cu proeminențe tip „17,5" și Victoria-Călan	6—8 luni	1,5 luni	Nu se poate stabili
Idem tip „28"	8—10 luni	1,5 luni	5 zile
Cu proeminențe și suprafață netedă pe partea de gaze	1 an	6—8 luni	1 lună
Termobloc pe cuptor de tratament termic	6—8 luni	1 lună	Nu se poate stabili
Idem pe cuptor de încălzire	1 an	3 luni	10 zile
Din tuburi netede de oțel	1 an	6—8 luni	1 lună

17.4. RECIRCULAREA GAZELOR DE ARDERE

În unele cazuri din practică este necesară o temperatură medie de 700—900°C în spațiul de lucru al cuptoarelor. Aceste temperaturi se realizează în general prin mărirea excesului de aer, acest procedeu conducînd corespunzător la creșterea pierderilor de căldură prin evacuarea gazelor de ardere.

Scanned with OKEN Scanner

Recuperarea energetică a căldurii din gazele de ardere este exclusă în majoritatea acestor cazuri deoarece producerea aburului sau apei fierbinți cu ajutorul acestora nu apare rațională, aceste cuptoare fiind în general de capacitate redusă.

Rezolvarea acestei probleme se obține prin recircularea gazelor de ardere; aceasta permite o recuperare de proporții considerabile a căldurii gazelor de ardere, fără mărirea nivelului temperaturii în spațiul de lucru al cuptorului.

Recircularea gazelor de ardere capătă însemnătate în următoatele cazuri:

— cînd gazele inerte răcite sînt necesare pentru ventilarea unei mori de cărbune cu pericol de explozie;

— cînd este necesară uscarea combustibilului cu multă umiditate în turnurile morilor de cărbune (mori ventilator);

— cînd în spațiul de lucru este necesară o temperatură redusă la un exces de aer redus;

— cînd recircularea gazelor, combinată cu preîncălzirea aerului permite răcirea gazelor de ardere și mărirea randamentului, după schema din fig. 17.13.

Folosirea recirculării gazelor de ardere implică un consum de energie electrică pentru ventilatorul de recirculare și o slăbire a procesului de ardere datorită scăderii concentrației oxigenului. Din aceste cauze eficacitatea recirculării gazelor de ardere apare avantajoasă în special în următoarele cazuri:

— la scăderea temperaturii de evacuare;

— la mărirea nivelului de temperatură admisibil în spațiul de lucru.

În fig. 17.14 se arată rezultatele calculelor efectuate pentru parametrii principali ai unui cuptor de încălzire cu recircularea gazelor de ardere.

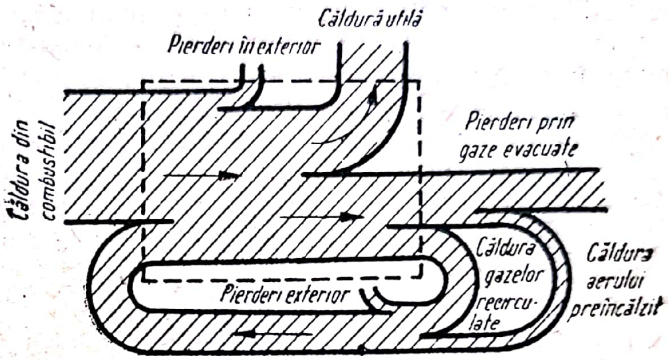


Fig. 17.13. Diagrama de funcționare a cuptorului cu recirculație.

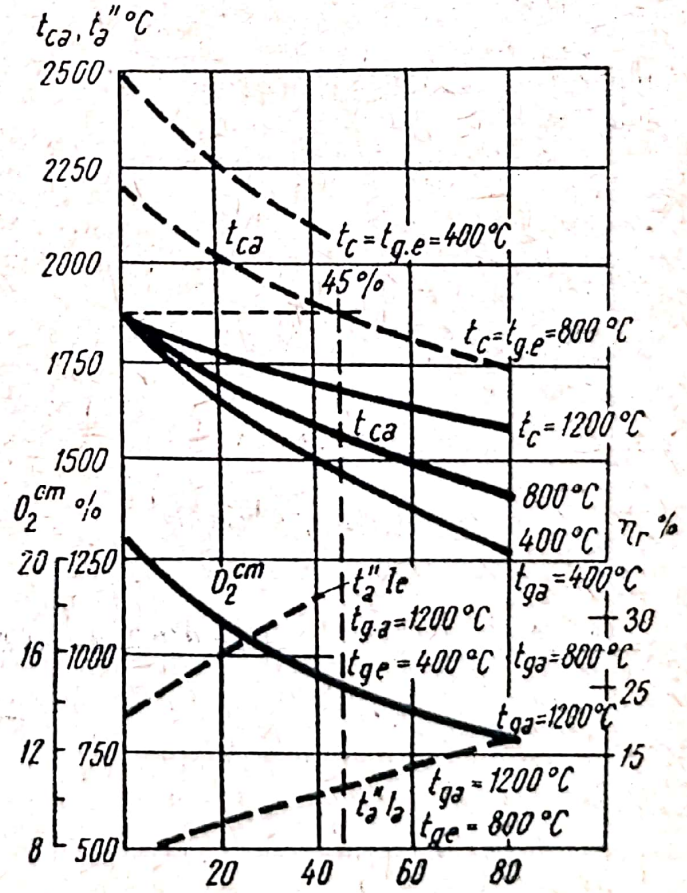


Fig. 17.14. Parametrii termotehnici ai unui cuptor de încălzire cu recircularea gazelor de ardere: $\alpha = 1{,}2$; $\eta_a = 1{,}0$; $t_{ga} = 1\,200$°C.

Calculele sînt făcute pentru un cuptor de păcură (Q_i = 9 450 kcal/kgf) la excesul de aer α = 1,2 și randamentul arderii η_a = 1,0.

Cînd temperatura în spațiul de lucru este de t_{ga} = 1 200°C și cuptorul funcționează cu aer rece, randamentul termic este de 15% și pierderile la coș de 60%.

În diagramă sînt reprezentate variantele de prelucrarea gazelor de ardere la 1 200°C, 800°C și 400°C la funcționarea cu aer rece și cu aer preîncălzit pînă la temperarura gazelor de ardere la evacuare de t_{ge} = 400 și 800°C. În diagramă este reprezentată și variația temperaturii teoretice de ardere t_{ca}.

Din diagramă rezultă că:

— la temperatura teoretică de ardere t_{ca} = 1 870°C;

— la temperatura în spațiul de lucru t_{ga} = 1 200°C; se recirculă 45% din gaze la t_{ge} = 800°C care permite preîncălzirea aerului de ardere pînă la t_a = 650°C și conduce la un randament de 23 % față de 15% fără recircularea gazelor de ardere.

17.5. RECUPERAREA CĂLDURII PENTRU PREÎNCĂLZIREA MATERIEI PRIME

Recuperarea căldurii în scopuri tehnologice se aplică în industrie pentru preîncălzirea materiei prime; un exemplu îl constituie preîncălzirea pastei în industria cimentului.

Una din metodele de recuperare constă în pulverizarea pastei la presiunea de 6—8 kgf/cm² în gazele de ardere din zona lanțurilor. Pulverizarea pastei la cuptoarele rotative realizează o mărire cu 10% a producției cuptorului și o economie de combustibil de pînă la 5%. Sistemul prezintă dezavantajul măririi procentului de praf antrenat pînă la 10—20%.

Cuptoarele cu calcinatoare sînt mult mai sigure în exploatare decît cele cu pulverizarea pastei. Calcinatoarele cele mai des întîlnite sînt de tipul cu tambur și de tipul cu grătar.

17.6. CAZANE RECUPERATOARE

Cazanele recuperatoare realizează recuperarea căldurii în scopuri energetice, în afara procesului tehnologic.

Perspectivele folosirii cazanelor recuperatoare sînt vaste în special în metalurgie unde apar consumuri importante de combustibil la cuptoarele care funcționează cu randamente scăzute.

De exemplu, la cuptorul Martin la care gazele sînt evacuate cu temperatura de 500—700°C, se pierde prin entalpia gazelor de ardere 40—45% din combustibilul ars. Prin utilizarea cazanelor și reducerea temperaturii gazelor se poate recupera 20% din combustibilul folosit ceea ce echivalează cu circa 0,4 tf abur/t oțel

Limita inferioară de utilizare economică a cazanelor recuperatoare este de 450—500°C.

Scanned with OKEN Scanner

La alegerea parametrilor aburului energetic pentru cazanele recuperatoare, trebuie să se ţină deci seamă de faptul că, în timp ce utilizarea căldurii în cazan creşte cu reducerea presiunii aburului, eficacitatea utilizării cazanului scade. Faţă de aceste considerente este necesar ca la alegerea parametrilor aburului pentru cazanele recuperatoare să se ţină seama de existenţa reală a consumatorilor de abur şi de parametrii acestora.

Condiţiile de funcţionare ale cazanelor recuperatoare diferă de condiţiile cazanelor normale în special prin:

— ponderea mare a schimbului de căldură prin convecţie;

— valoarea mult mai mare a raportului dintre volumul gazelor de ardere V_g şi debitul D al cazanului.

După nivelul temperaturii gazelor de ardere se deosebesc două categorii de cazane:

— cazane la care temperatura gazelor depăşeşte 700—800°C;

— cazane la care temperatura gazelor variază între 450—500°C şi 700—750°C.

Posibilităţile constructive pot fi reduse la trei scheme principale:

— cazane ignitubulare cu circulaţia longitudinală a gazelor;

— cazane acvatubulare cu circulaţia longitudinală a gazelor;

— cazane acvatubulare cu circulaţie transversală a gazelor de ardere.

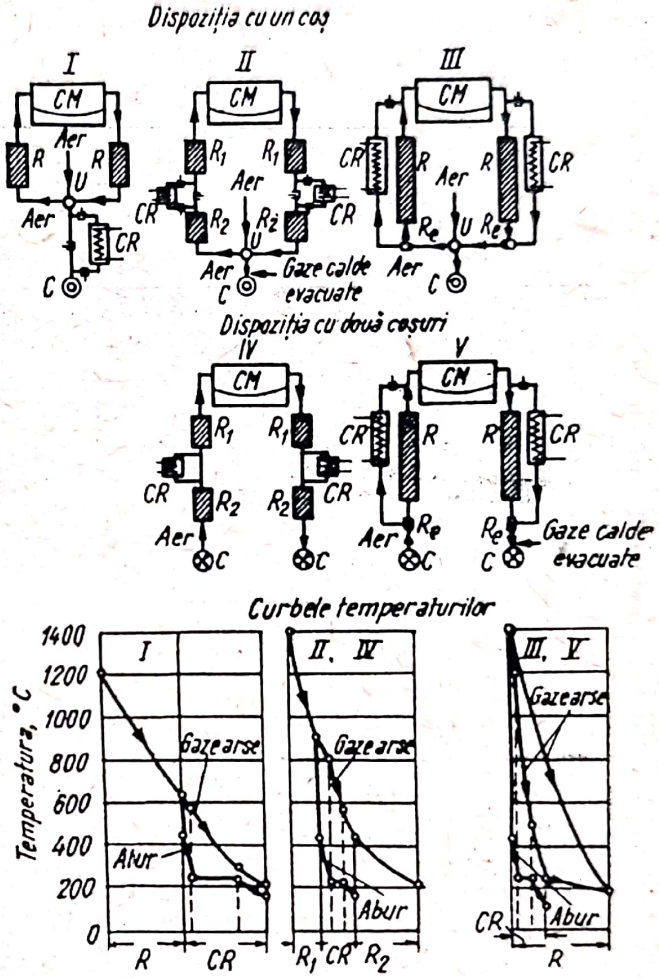


Fig. 17.15. Variante de amplasarea cazanelor recuperatoare la cuptoarele Martin:

CM — cuptor Martin; *R* — recuperator (regenerator); *CR* — cazan recuperator; *C* — coş.

În fig. 17.15 sînt reprezentate diversele variante de amplasare a cazanelor recuperatoare la cuptoarele Martin.

Parametrii principali ai cazanelor recuperatoare de fabricaţie cehoslovacă şi sovietică sînt cuprinşi în tabela 17.6.

În tabela 17.7 se dau indicii principali de exploatare ai unui cazan normal, comparativ cu ai unui cazan recuperator. Randamentul cazanului recuperator se exprimă prin relaţia:

$$\eta_{cr} = \frac{I'_g - I''_g - q_{ma}}{I'_g}, \qquad (17.13)$$

Tabela 17.6. **Parametrii principali ai cazanelor de recuperare La Mont**

Parametrul	Unitatea de măsură	Cehoslovacia			U.R.S.S.		
		SKV-56	SKV-40	SKV-28	KU-80-U	KU-60-U	KU-40-U
Producţia de abur	tf/h	9—17	6,4—12	4,4—8,5	17—25	14—20	10,5—15
Presiunea aburului după supraîncălzitor	kgf/cm²	21	21	21	45	45	45
Temperatura aburului după supraîncălzitor	°C	375	375	375	365—385	365—385	365—385
Cantitatea de gaze de ardere care trece prin cazan	$10^3 Nm^3/h$	56—76	40—55	23—28	80	60	40
Temperatura gazelor de ardere la intrarea în cazan	°C	550—700	550—700	550—650	550—650	550—650	550—650
Temperatura gazelor de ardere la ieşirea din cazan	°C	190—200	190—200	190—200	180—195	180—195	180—195
Suprafaţa fierbătoare a cazanului	m²	—	—	—	1510	1078	754
Greutatea metalului sub presiune	tf	—	—	—	49,5	37,5	27,5
Greutatea totală a cazanului	tf	—	—	—	82,5	65	50
Mărimea cuptorului Martin la care se pune cazanul	tf	400—500	200—315	100—160	250—440	125—185	70—90

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 17.7. **Indicii de exploatare ai cazanelor de abur** (normale și recuperatoare)

Felul cheltuielii	Cazan normal %	Cazan recuperator %
Combustibilul	59,1	0
Abur pentru degazare	5,9	0
Transportul zgurii	0,4	0
Energie electrică	5,2	11,3
Apă de alimentare	1,3	1,3
Salarii și asigurări sociale	6,1	4,4
Amortizări, utilaje	13,2	12,6
Amortizări construcții	1,9	2,7
Întreținere utilaje	5,9	1,5
Alte cheltuieli	1,0	0,8
Total	100,0	34,6

în care I'_g, I''_g sînt entalpiile inițială și finală ale gazelor de ardere, în kcal/h;
q_{ma} — pierderile de căldură în mediul ambiant, în kcal/h.

La funcționarea cazanelor recuperatoare o mare importanță prezintă raportul V_g/D. Pătrunderea de aer fals conduce la mărirea acestui raport și la o reducere corespunzătoare a temperaturii gazelor de ardere.

17.7. PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE DIN CĂLDURA RECUPERATĂ DIN GAZELE DE ARDERE

În cazul producerii de energie electrică cu ajutorul unui ciclu termic de forță folosindu-se căldura recuperată din gazele de ardere pot apărea nepotriviri între regimul sursei energetice dictat de procesul tehnologic și de graficul de funcționare al consumatorilor de energie electrică. În această situație apare avantajoasă funcționarea unor astfel de centrale în paralel cu sistemul energetic regional sau folosirea suplimentară a arderii unui combustibil în focarul cazanului. Schemele cele mai semnificative ale producerii de energie electrică sînt reprezentate în fig. 17.16.

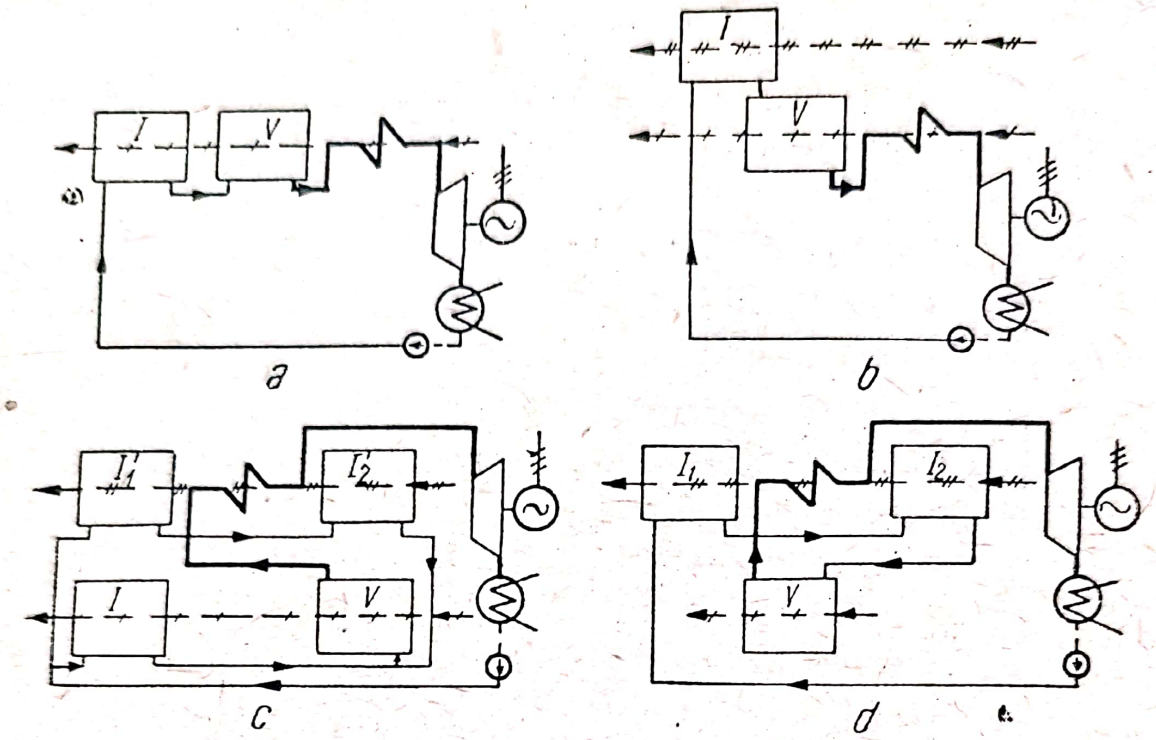


Fig. 17.16. Schemele producerii de energie electrică din căldura recuperată din gazele de ardere: + și ⧺ gaze pornite din arderea combustibilului; — gaze pornite din procesul tehnologic:

I: încălzirea apei în cazan
V: vaporizarea apei în cazan.

Randamentul unui astfel de ciclu este dat de relația:

$$\eta_c = \frac{\eta_a B Q_i + \eta_r Q}{B P_{Ci} + Q}, \qquad (17.14)$$

în care:

η_a este randamentul arderii, în %;
B — consumul de combustibil, în kgf/h;
Q_i — puterea calorică a combustibilului ars, în kcal/kgf;
η_r — randamentul de recuperare, în %;
Q — cantitatea de căldură recuperabilă, în kcal/h.

Variația randamentului de recuperare în funcție de temperatura aburului și de temperatura gazelor de ardere la producerea aburului saturat este reprezentat în fig. 17.17.

În fig. 17.18 este reprezentată variația randamentului de recuperare în funcție de temperatura aburului și de temperatura gazelor de ardere, la producerea aburului supraîncălzit.

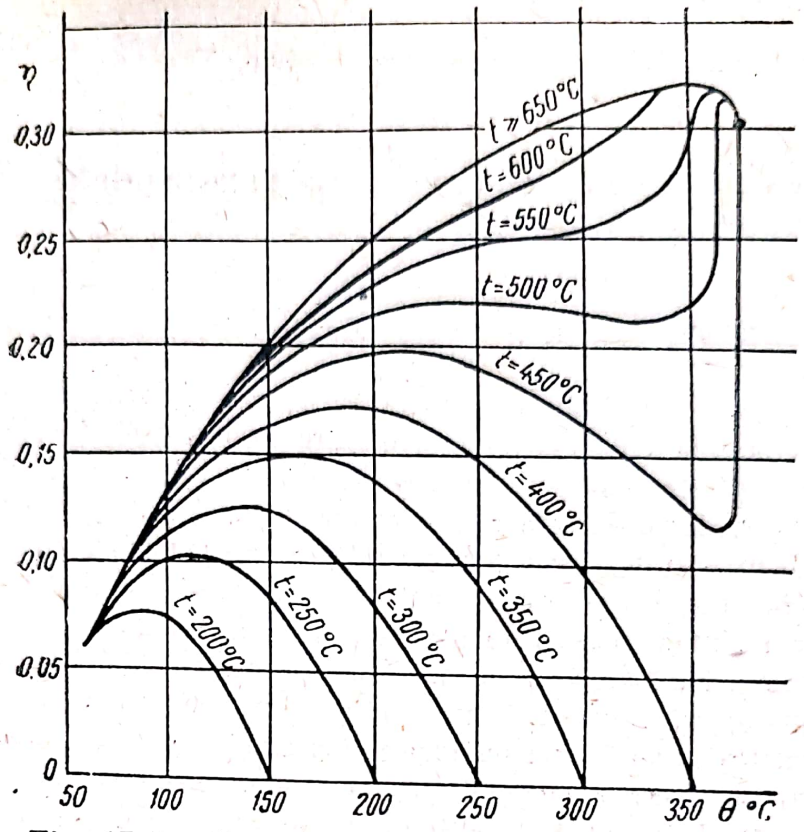


Fig. 17.17. Variația randamentului de recuperare, în funcție de temperatura aburului și de temperatura gazelor la producerea aburului saturat.

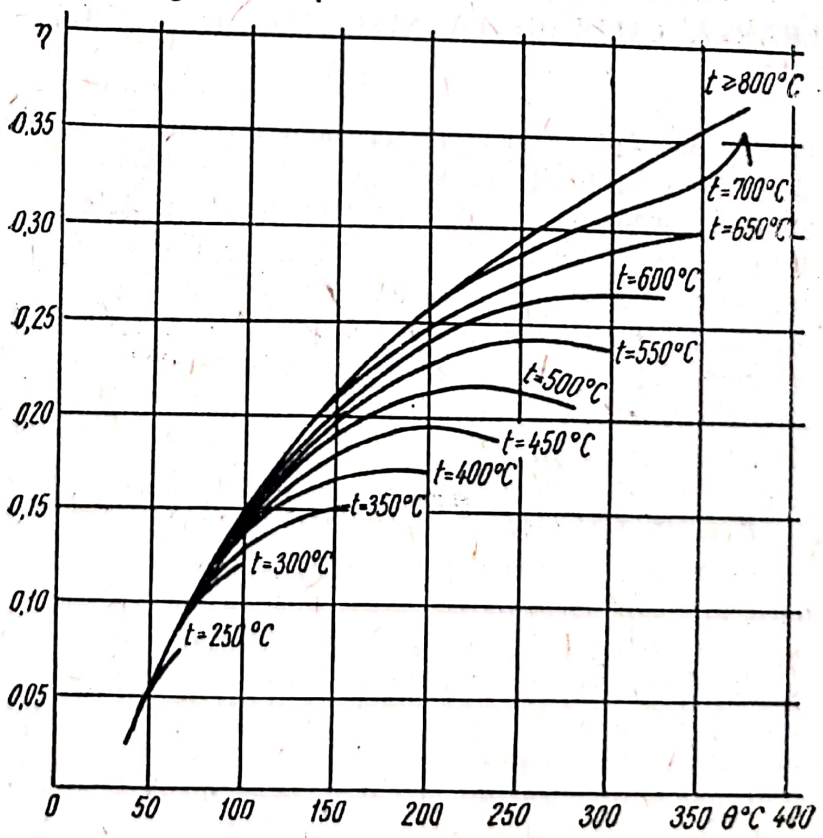


Fig. 17.18. Variația randamentului de recuperare, în funcție de temperatura aburului și de temperatura gazelor la producerea aburului supraîncălzit.

Scanned with OKEN Scanner

17.8. RECUPERAREA CĂLDURII PRODUSELOR TEHNOLOGICE ȘI ZGURILOR

Produsele tehnologice și zgurile reprezintă în general purtători de căldură solizi sau lichizi.

Cantitatea mare de căldură a acestora și temperatura ridicată la care aceștia ies din procesele tehnologice reprezintă premizele principale ale utilizării raționale tehnice și economice a căldurii acestor purtători.

În practica modernă această recuperare de căldură nu se utilizează însă complet, deși în majoritatea cazurilor eficacitatea sa economică este sigură iar dificultățile ivite nu au de obicei un caracter principial și pot fi învinse relativ ușor prin simple măsuri tehnice sau organizatorice.

Din produsele tehnologice cele mai indicate pentru recuperarea căldurii sînt cocsul metalurgic, lingourile metalice și clinkerul. Pînă în prezent s-a experimentat răcirea produselor tehnologice și a zgurilor cu apă, abur saturat sau aer pentru producerea energiei electrice sau termoficare. Se pare că cele mai bune rezultate au fost obținute la folosirea aerului ca agent de răcire.

17.9. RECUPERAREA CĂLDURII LA NIVEL TERMIC REDUS

Caracteristicile energetice ale unui număr relativ mare de procese tehnologice sînt determinate în multe cazuri, pe lîngă pierderile de căldură prin evacuarea gazelor de ardere, a produselor tehnologice și zgurilor și de pierderile de căldură la nivel termic scăzut. Dintre acestea din urmă fac parte apele de răcire, aburul secundar și aburul de eșapament.

Recuperarea căldurii din apele de răcire. În cea mai mare parte a proceselor pirotehnologice apare necesitatea răcirii unor elemente ale cuptoarelor cu apă a cărei temperatură în general nu depășește 100°C.

Un exemplu tipic al pierderii de căldură prin apa de răcire îl constituie producerea energiei electrice în regim de condensație la care se pierde prin apa de răcire mai mult de jumătate din căldura introdusă prin combustibil.

Deși procesele tehnologice care necesită răcirea cu apă sînt foarte variate, ele se pot împărți în două mari grupe:

— procese în care se transmite apei de răcire o cantitate de căldură dintr-un mediu încălzit la temperatura înaltă (gaze de ardere de la cuptoare);

— procese în care apa de răcire are aceeași temperatură ca și mediul încălzit (răcitoare și condensatoare).

În cadrul primei grupe, răcirea se poate face, fie la temperaturi de sub 100°C în scopuri de încălzire, fie la temperaturi de peste 100°C în regim de răcire sub presiune, așa numita răcire prin evaporare, prin care se obține abur saturat la diverse presiuni care poate fi introdus în rețeaua de abur

tehnologic a uzinei sau într-o turbină de abur. În fig. 17.19 este reprezentată o schemă de recuperare a căldurii apei de răcire prin evaporare.

În cadrul celei de a doua grupe un exemplu tipic al folosirii apei de răcire îl reprezintă termoficarea cu turbine cu vid înrăutăţit, adică producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii. O schemă principială a unei centrale de termoficare cu turbine cu vid înrăutăţit este reprezentată în fig. 17.20.

Faţă de producerea separată a energiei electrice şi a căldurii, producerea lor combinată aduce importante avantaje tehnice şi economice.

Recuperarea căldurii aburului tehnologic secundar şi de eşapament. O serie de procese industriale comportă folosirea ciocanelor, preselor, compresoarelor, pompelor acţionate cu abur care se evacuează de obicei la 1,1—1,3 ata. Paralel cu acestea o serie de procese necesită încălziri sau fierberi din care rezultă abur la presiune apropiată de cea atmosferică.

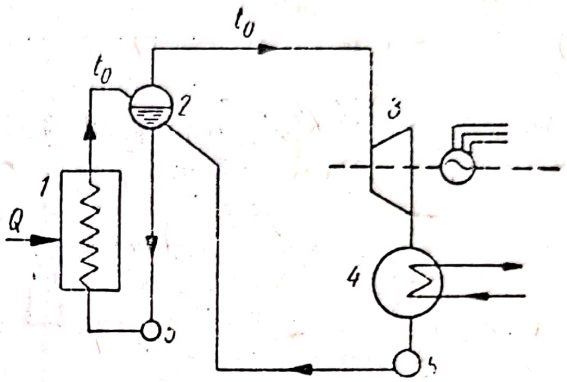


Fig. 17.19. Schema de recuperare a căldurii apei de răcire prin evaporare:
1 — sursa tehnologică de căldură ; *2* — expandor de abur; *3* — grup turboregenerator; *4* — condensator ; *5* — pompă.

Aburul secundar şi de eşapament poate fi folosit direct într-o serie de procese de încălzire sau pentru producere de apă caldă sau energie electrică în turbine speciale de joasă presiune. De exemplu la distilarea ţiţeiului prima distilare se face cu abur de eşapament de la pompe.

Un alt domeniu de folosire a aburului secundar şi de eşapament este introducerea acestuia în reţelele de medie presiune ale întreprinderii cu ajutorul termocompresoarelor (compresoarelor cu jet). Acest procedeu necesită însă o reţea de presiune înaltă pentru alimentarea compresorului cu jet.

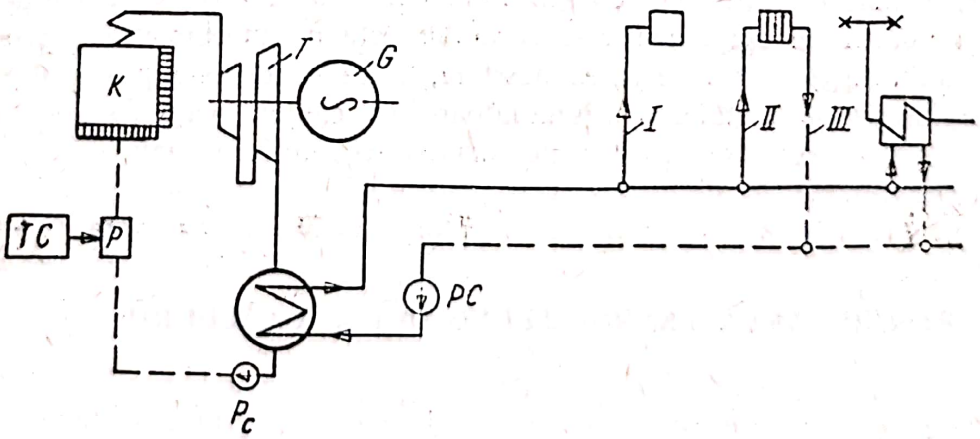


Fig. 17.20. Schema principială a unei centrale de termoficare cu turbine cu vid înrăutăţit :
K — cazan ; *T* — turbină ; *G* — generator *I*, *II*, *III* — consumatori de căldură ; *P* — pompă de alimentare ; *Pc* — pompă de condensat; *TC* — tratarea chimică a apei de adaos; *PC* — pompă de circulaţie.

În fig. 17.21 este reprezentată schema principială a folosirii unui compresor cu jet pentru ridicarea parametrilor aburului recuperat (de eşapament sau secundar) la presiunea medie a unei reţele industriale.

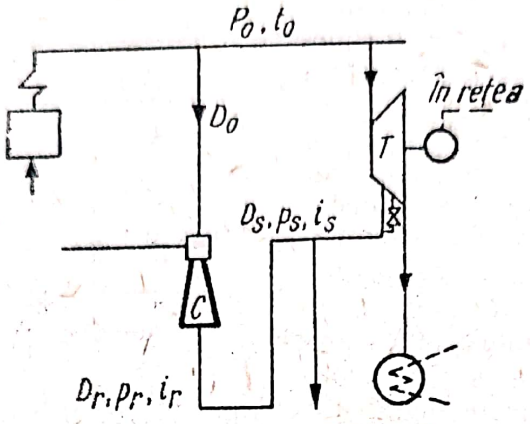


Fig. 17.21. Schema principială a folosirii compresorului cu jet pentru ridicarea parametrilor aburului recuperat (de eşapament sau secundar) D_0, P_0, i_0 (debitul, presiunea şi entalpia aburului de presiune înaltă): D_r, p_r, i_r — (debitul, presiunea şi entalpia aburului recuperat); D_s, p_s, i_s — (debitul, presiunea şi entalpia aburului de medie presiune); T—turbogenerator cu priză de abur de medie presiune.

Principala dificultate care apare la recuperarea căldurii din apele de răcire sau din aburul de eşapament sau secundar este nesimultaneitatea producerii şi consumului. Pentru rezolvarea acesteia, între conductele producătorilor şi consumatorilor se instalează acumulatoare de căldură care reprezintă tampoanele termice care preiau diversele variaţii atît ale consumatorilor, cît şi ale producătorului.

17.10. RECUPERAREA ENERGO-TEHNOLOGICĂ A CĂLDURII

Recuperarea energo-tehnologică a căldurii reprezintă o metodă nouă de recuperare cu mari perspective de dezvoltare viitoare.

Schema generală a agregatului energo-tehnologic se caracterizează principial, din punct de vedere al construcţiei, printr-o circulaţie naturală a produselor de ardere în camera de lucru, prin legarea directă a unui cazan de abur energetic într-un complex tehnologic de recuperare regenerator-recuperator.

În fig. 17.22 este reprezentată o schemă de recuperare energo-tehnologică a căldurii şi regimul termic al gazelor de ardere şi al încărcărilor suprafeţelor de schimb de căldură.

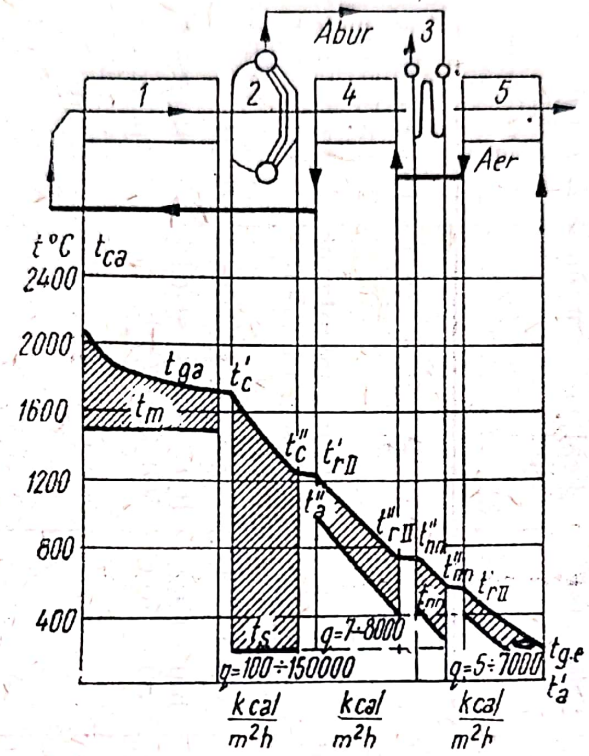


Fig. 17.22. Schema unui agregat de recuperare energo-tehnologică a căldurii la cuptorul Martin:

1 — cameră de ardere; *2* — cazan de radiaţie; *3*—supraîncălzitor de abur; *4*—treapta a doua a recuperatorului; *5*—prima treaptă a recuperatorului.

Prin succesiunea corectă a legării recuperatoarelor de căldură se creează premize de schimbare radicală a caracteristicilor energetice tehnologice şi economice ale agregatului pirotehnologic.

17.11. SURSELE DE PIERDERI DE CĂLDURĂ ÎN DIVERSELE PROCESE ŞI POSIBILITĂŢILE LOR DE RECUPERARE

În tabela 17.8 sînt indicate informativ sursele de pierderi de căldură, nivelul termic la care se găseşte resursa energetică secundară, cantitatea de căldură recuperabilă şi direcţia de folosire posibilă.

Tabela 17.8 Sursele de pierderi de căldură în diversele procese și posibilitățile de utilizare ale acestora

Procedeul tehnologic	Sursa producătoare de pierderi	Forma căldurii pierdute	Nivelul termic	Cantitatea de căldură recuperabilă	Folosirea posibilă a căldurii pierdute
Producerea aburului	Cazane cu țevi de fum Cazane cu țevi de apă	gaze de ardere	250—500°C 250—300°C	450—1200 kcal/kgf combustibil	1. Apă de alimentare 2. Încălzire pentru fabricație 3. Încălzirea aerului
Producerea energiei electrice	1. Mașini și turbine cu abur a) cu contrapresiune	Abur expandat		căldură latentă de vaporizare 500 kcal/kgf	1. Fabricație 2. Încălzirea încăperilor 3. Încălzirea pentru fabricație
	b) cu condensație	apă caldă	circa 30°C	20—40 kcal/kgf	Debitare directă în fabricație
	2. Motoare cu ardere internă	a) gaze calde	400—450°C	0,2—0,6 kcal/CPh	Producerea aburului
		b) apă de răcire	50— 70°C	500 kcal/CPh	1. Apă de alimentare pentru cazan de abur 2. Încălzirea încăperilor 3. Fabricație 4. Încălzirea combustibilului
		c) produse nearse la eșapament			Folosirea drept combustibil
	3. Turbine de gaze	Gaze calde	600°C		1. Încălzirea aerului de ardere 2. Producerea aburului

Carbonizare	Cuptor de carbonizare cu regenerare	Gaze calde	400—450°C	120 kgf abur / tf carbonizată	Producerea aburului
Cocsificare	Cuptor de cocsificare	Gaze calde	400—450°C	500 kgf abur / tf cocsificată	Producerea aburului
Producerea fontei	Furnal	Gaz combustibil	900—1000 kcal/m³	3000—5500 m³ / tf fontă	1. Preîncălzirea aerului 2. Insuflarea aerului 3. Producerea aburului 4. Producerea energiei 5. Încălzirea cuptoarelor
Producerea oțelului	Cuptoare Martin	Gaze calde	500—550°C (la folosirea gazului de generator)	30—50% din entalpia gazelor evacuate	Producere de abur
Laminarea oțelului	Cuptoare pentru încălzirea lingourilor și țaglelor	Gaze calde	Depinde de modul de încălzire al aerului	Se obține o recuperare scăzută	—
Forjare, stanțare, presare	Cuptoare de încălzire	Gaze calde Abur de eșapament	la fel ca la laminare presiunea 0,3—0,7 kgf/cm²	— căldură latentă	— 1. Încălzirea încăperilor 2. Încălzirea apei
Fabricarea sticlei	Cuptoare cu vană 1. cu gaz de generator 2. cu păcură	Gaze calde Gaze calde	450—500°C 600—650°C	20—25% din combustibilul folosibil 28—35% din combustibil folosit	Producerea aburului Producerea aburului

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 17.8 (continuare)

Procedeul tehnologic	Sursa producătoare de pierderi	Forma căldurii pierdute	Nivelul termic	Cantitatea de căldură recuperabilă	Folosirea posibilă a căldurii pierdute
Industria berii	Mașini frigorifice	a) Abur b) Condensat din serpentine c) Apă caldă	căldură latentă 50— 60°C —	80% din căldura aburului — —	Încălzirea apei Apă de alimentare Apă de alimentare
Spălătorii	Mașini de spălat Calandre și uscătoare	— condensat	80— 90 depinde de presiunea aburului	Variază mult Variază mult	Încălzirea apei reci Încălzirea apei reci
Topire și refinare metale neferoase	Cuptoare topire: a) cupru b) zinc	 gaze calde gaze calde	 750—1800°C 420—510°C	 30—50% din pierderi 9% din căldura consumată	 Producerea aburului Producerea aburului
Încălzirea metalelor neferoase	Încălzire semifabricate cupru Încălzire aliaje cupru	gaze calde gaze calde	850—900°C 600—800°C	25—30% din pierderi	Producerea aburului

XVIII

BILANȚURI TERMOENERGETICE

18.1. GENERALITĂȚI

În întreprinderile industriale se utilizează, pentru realizarea diverselor procese tehnologice, pe lîngă combustibili și diferiți alți purtători de energie ca: abur de diferiți parametri, apă și alte lichide calde, condensat, gaze (inclusiv aer) la temperatură ridicată, soluții refrigerente și aer de răcire, aer comprimat, oxigen etc. cum și diferite forme de energie (energia chimică a combustibilului, energia termică, energia mecanică, energia electrică etc.).

Din cantitatea totală de energie și de purtători de energie, furnizată unui obiect (utilaj, agregat, instalație, secție sau întreprindere) numai o anumită parte, mai mare sau mai mică, care este utilizată în procesele tehnologice principale (pentru realizarea cărora este destinat obiectul respectiv) și în procesele legate inevitabil de cele principale, se consideră că s-a consumat în mod util, iar restul se raportează la pierderile de energie ale obiectului considerat.

De exemplu, la furnale, se consideră căldură utilă căldura folosită în procesele principale de reducere, căldura folosită pentru formarea aliajelor, descompunerea carbonatului de calciu și eliminarea umidității aerului insuflat, precum și căldura fizică a fontei și a zgurilor, iar căldura gazelor evacuate, căldura luată de apa de răcire și căldura cedată mediului exterior prin pereții furnalelor, se raportează la pierderile de căldură ale furnalelor respective.

În cazul generatoarelor sau transformatoarelor de energie, se consideră utilă energia produsă sau transformată.

Toate pierderile de căldură fizică din procesele tehnologice (căldura fizică a gazelor de ardere a apei de răcire, a produselor tehnologice etc.) se consideră resurse energetice secundare, nu intră în această categorie resturile de combustibil (produsele de ardere la care nu a avut loc transformarea totală a energiei chimice a combustibilului primar în căldură fizică), de exemplu gazele care mai pot arde (CO, H_2 etc.), praful de cărbune etc.

Raportul dintre cantitatea de căldură utilă Q_u și cantitatea totală de căldură Q_{tot} consumată într-un obiect, exprimă randamentul termic al obiectului respectiv, care constituie indicatorul energetic principal al oricărui proces de producție, legat de un consum de căldură.

Cantitatea totală de căldură consumată Q_t se consideră suma căldurii chimice a combustibilului $Q_{c.c.}$ a căldurii reacțiilor exotermice din material

Q_{ex} și a căldurii fizice a materialelor intrate Q_f (combustibilului, aerului, materialelor tehnologice etc.). Randamentul η_t al procesului tehnologic va avea deci expresia

$$\eta_t = \frac{Q_u}{Q_{c \cdot c} + Q_{ex} + Q_f} \tag{18.1}$$

sau prin metoda bilanțului termic invers:

$$\eta_t = 1 - \frac{Q_{m \cdot a} + Q_{g \cdot a}}{Q_{c \cdot c} + Q_{ex} + Q_f}, \tag{18.2}$$

unde $Q_{m \cdot a}$ este căldura pierdută în mediul ambiant;

$Q_{g \cdot a}$ — căldura gazelor arse.

Formula (18.2) determină randamentul termic al procesului tehnologic, fără să se ia în considerare recuperarea de căldură suplimentară și fără să se țină seamă de regenerare.

Mijlocul principal pentru efectuarea analizei utilizării energiei în întreprinderile industriale, în vederea îmbunătățirii schemelor lor energetice, constă în întocmirea bilanțurilor energetice, care servesc și pentru planificarea alimentării cu combustibil și energie, în condiții tehnice și economice cît mai avantajoase, a acestor întreprinderi.

Pe baza bilanțurilor energetice se depistează pierderile de energie, se delimitează resursele energetice secundare, se determină caracteristicile și randamentele energetice ale agregatelor, instalațiilor, secțiilor și întreprinderilor. De aceea, pentru toți purtătorii de energie și pentru toate formele de energie, care se utilizează într-o întreprindere industrială socialistă, este recomandabil să se întocmească bilanțuri, dintre care cele mai necesare sînt următoarele:

— bilanțul combustibilului;

— bilanțul căldurii, care cuprinde de obicei numai căldura aburului și a apei calde, inclusiv căldura condensatului, căldura celorlalți purtători de energie termică rămînînd cuprinsă în bilanțul combustibilului;

— bilanțul energiei termice, în care se cumulează bilanțul combustibilului cu bilanțul căldurii;

— bilanțul energiei electrice;

— bilanțul energetic total, în care bilanțul termic este cumulat cu bilanțul energiei electrice.

Pentru purtătorii de energie se întocmesc în general și bilanțurile lor materiale (volumice sau gravimetrice), folosindu-se ca unitate de măsură, metrul cub sau tona.

Pentru energia mecanică nu se întocmește un bilanț separat, deoarece, fiind produsă de motoare, ea se consumă direct de utilajele acționate și, în funcție de felul motorului, energia mecanică se include în bilanțul energiei electrice, bilanțul energiei termice (bilanțul termic) sau în bilanțul combustibilului. Dacă energia mecanică se transformă în energie electrică, ea este cuprinsă în bilanțul acesteia. Energia mecanică consumată pentru producerea aerului comprimat se cuprinde în bilanțul energiei electrice, bilanțul termic

sau bilanțul combustibilului, după felul motoarelor de acționare a compresoarelor și pompelor respective.

În acest capitol se tratează probleme mai generale privind bilanțurile termice, problemele specifice diferitelor bilanțuri termice făcînd obiectul instrucțiunilor elaborate de Inspecția Energetică.

18.2. BILANȚURILE TERMICE ALE INTREPRINDERILOR INDUSTRIALE

Analiza și aprecierea gradului de utilizare a energiei termice într-o întreprindere industrială trebuie să înceapă cu întocmirea bilanțurilor termice ale agregatelor și instalațiilor ei consumatoare de căldură.

Pe baza bilanțurilor termice ale agregatelor și instalațiilor se întocmesc bilanțurile termice ale secțiilor iar pe baza acestora, bilanțul termic al întregii întreprinderi.

Bilanțurile termice pe secții și pe întreprindere, la rîndul lor, se întocmesc în general, în două variante: sintetice și de lucru.

18.2.1. Bilanțurile termice sintetice

Bilanțurile de acest fel se întocmesc după criteriul economic și al scopului pentru care servește energia termică, reprezentînd o sinteză pe întreaga secție sau întreprindere. Cu ajutorul acestor bilanțuri se face analiza și aprecierea gradului de utilizare a energiei termice în secțiile sau întreprinderile respective, se întocmesc planurile de măsuri pentru economisirea de combustibil precum și planurile de alimentare cu energie termică a întreprinderii.

În conformitate cu prevederile Instrucțiunii E 2-60, elaborate de Inspecția Energetică, în cadrul lucrărilor de cercetare într-o întreprindere industrială a posibilităților de reducere a consumurilor inutile de energie termică, se întocmesc pentru fiecare agregat, instalație, secție și pentru întreaga întreprindere următoarele trei categorii de bilanțuri termice.

a. *Bilanțul termic real*, la întocmirea căruia se folosesc datele corespunzătoare, obținute în urma încercărilor termotehnice efectuate în condițiile reale de exploatare la un moment dat.

El oglindește gradul de utilizare a energiei termice la data examinării modului de gospodărire a obiectului considerat și formează punctul de plecare al cercetărilor întreprinse pentru îmbunătățirea exploatării;

b. *Bilanțul termic optim*, în care pierderile au valori minime realizabile la obiectul considerat, adus în perfectă stare de funcțiune și utilizat la cel mai înalt grad de eficiență economică posibilă la stadiul tehnicii în momentul respectiv;

c. *Bilanțul termic normat*, care se întocmește pe baza analizei pierderilor scoase la iveală în bilanțul termic real și cuprinde reducerile de pierderi realizabile în etapa pentru care se stabilește bilanțul normat.

În consecință bilanțurile termice normate vor avea în timp diferite valori, fiind îmbunătățite treptat pe măsura înaintării către etapa finală, cînd se confundă cu bilanțul termic optim corespunzător stadiului tehnicii din momentul respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

18.2.2. Bilanțurile termice de lucru

Aceste bilanțuri se întocmesc după criteriul teritorial de producție și al scopului pentru care servește energia termică, în vederea reprezentării planurilor de alimentare cu energie termică a întreprinderilor respective și a dărilor de seamă privind consumurile lor de energie termică.

18.2.3. Bilanțurile purtătorilor de căldură și de circulație a purtătorilor de căldură și a căldurii

O dată cu întocmirea bilanțurilor termice se întocmesc și bilanțurile purtătorilor de căldură corespunzători, deoarece primele sînt determinate de acestea din urmă.

Întocmirea bilanțurilor termice ale agregatelor, secțiilor și întreprinderilor, trebuie să fie precedată de întocmirea bilanțurilor de circulație a purtătorilor de căldură și a căldurii în modul acesta putîndu-se asigura analiza și controlul utilizării resurselor energetice secundare precum și evitarea erorilor și a lipsei de concordanță în bilanțurile termice ale agregatelor, secțiilor și întreprinderilor.

În conformitate cu prevederile „Prescripțiilor de exploatare tehnică a unor instalații termice din întreprinderile industriale (E 21-61), elaborate de Inspecția Energetică, întreprinderile industriale trebuie să întocmească — pe fiecare lună, trimestru și an și bilanțul condensatului, după modelul din tabela 18.1.

18.3. REPREZENTAREA BILANȚURILOR TERMICE

Bilanțurile termice, ca și celelalte bilanțuri energetice, se întocmesc pe baza principiului conservării materiei și energiei. Potrivit acestui principiu: cantitatea de energie intrată în obiectul cercetat este egală cu cantitatea de energie obținută prin însumarea: cantității de energie consumată în mod util, cantității de energie conținute în agenții energetici și în produsele energetice secundare, ieșite din obiectul respectiv și cantității energiei pierdute.

Bilanțurile termice se compun deci din două părți distincte, care trebuie să se echilibreze: *intrări* (resurse) și *ieșiri* (consumuri) de energie termică. Ele sînt reprezentate în general sub formă de tabele, iar în unele cazuri și grafic, sub formă de diagrame.

Cantitățile de căldură, corespunzătoare diferitelor articole și elemente ale bilanțului termic, se exprimă în una dintre unitățile de măsură termice (kcal, Mcal sau Gcal) și se raportează la unitatea de producție realizată sau de materie primă consumată de obiectul pentru care se întocmește bilanțul respectiv.

Cînd pentru întocmirea bilanțurilor termice se cere să se măsoare diferite feluri de energie în unitățile lor de măsură și să se raporteze la o unitate de măsură termică, se folosesc coeficienții de echivalare a diferitelor forme de energie din tabela 18.2.

În general tabela de bilanț termic se compune din două părți și anume:

Scanned with OKEN Scanner

Nr. crt.	Denumirea consumatorului de abur (agregatului, instalației, secției, etc.).	Consumul de abur					
		Parametrii aburului consumat		Entalpia aburului consumat, în kcal/kgf i_{ab}	Cantitatea de abur consumat, în t reale: G_{ab}	Cantitatea de căldură conținută în aburul consumat	
		Presiunea, în kgf/cm²: p	Temperatura, în °C: t_{ab}			în Gcal: Q_{ab} = = col. 5 × × col. 4 × $\times 10^{-3}$	în % din conținutul de căldură al cantității totale de abur consumat de întreaga întreprindere: $\frac{\text{col. 6}}{\Sigma \text{ col. 6}} \times 100$
	1	2	3	4	5	6	7

*) t_c — temperatura medie ponderată a condensatului întors-măsurată:
— în cazul alimentării cu abur a întreprinderii din centrala proprie — la in
— în cazul alimentării cu abur a întreprinderii din rețeaua de termofic
ieșirea din întreprinderea consumatoare de abur

Observații: Cînd condensatul neîntors este folosit prin amestec, $t_2 = 0$

Tabela 18.1. **Bilanțul condensatului pe luna..... trim..... anul...**

Condensat întors						
Cantitatea		Temperatura medie ponderată, în °C:	Conținutul de căldură al cantității totale de condensat întors în Gcal: Q_{ci} = = col. 8 × × col. 3 10×10^{-3}	Duritatea în °d	Indicele de alcalinitate	Conținutul de ulei, în mgf/l:
t. G_{ci}	în % din cantitatea de abur utilizată de consumator: t_c *) $\frac{\text{col. 8}}{\text{col. 5}} \times 100$					
8	9	10	11	12	13	14

..... anul .....

		Condensat neîntors					
		Cantitatea de condensat		Cantitatea de căldură			
	Conținutul de ulei, în mgf/l:	în t: G_{cn} = col. 5 — col. 8	în % din cantitatea de abur utilizată de consumator: $\frac{\text{col. 15}}{\text{col. 5}} \cdot 100$	conținută în condensatul neîntors, în Gcal: Q_{cn} = col. 15 × col. 10 × 10^{-3}	recuperată din condensatul neîntors, în Gcal: Q_{rcn} **)	pierdută din condensatul neîntors, în Gcal: Q_{pcn} = col. 17 — col. 18.	Randamentul folosirii căldurii din condensat: $\eta = \frac{\text{col. 11} + \text{col. 18}}{\text{col. 5} \times \text{col. 10}} \cdot 100$
	14	15	16	17	18	19	20

$(t_1 - t_2) \times 10^{-3}$, în care:

e temperatura, în °C, a condensatului, măsurată la intrarea lui în aparatul sau instalația în care este folosit:

mperatura, în °C a condensatului, măsurată la ieșirea lui din aparatul sau instalația în care este folosit

Tabela 18.2. Coeficienții de echivalare a diferitelor forme de energie

Forma de energie	Unitatea de măsură	Coeficientul de echivalare cu:					
		Energia electrică W (kWh)	Energia termică Q (kcal)	Energia mecanică		Combustibilul convențional B (kgf)	Aburul normal D_n (kgf)
				L (CPh)	L (tfm)		
Energie electrică W	kWh	1	860	1,36	367,2	0,123	1,344
Energie termică Q	kcal	$1,136 \cdot 10^{-3}$	1	$1,58 \cdot 10^{-3}$	0,427	$143 \cdot 10^{-6}$	$1,562 \cdot 10^{-3}$
Energie mecanică L	CPh	0,736	632,3	1	270	$90,4 \cdot 10^{-3}$	0,989
Energie mecanică L	tfm	$2,723 \cdot 10^{-3}$	2,342	$3,7 \cdot 10^{-3}$	1	$334,9 \cdot 10^{-6}$	$3,67 \cdot 10^{-3}$
Combustibil convențional B	kgf	8,141	7000	11,06	$2,988 \cdot 10^{-3}$	1	10,93
Abur normal D_n	kgf	0,744	640	1,011	273,2	$91,5 \cdot 10^{-3}$	1

Scanned with OKEN Scanner

— partea din stînga, intitulată *intrări*, în care se înscriu și se însumează toate cantitățile de căldură intrată, corespunzătoare surselor (componenților termici) de la care se obțin;

— partea din dreapta, intitulată *ieșiri*, în care se înscriu și se însumează toate cantitățile de căldură (componentele termice) consumate util (pe locurile și felurile de consum); cantitatea de căldură întoarsă; pierderile de căldură (pe locurile în care au loc) și cantitatea de căldură, corespunzătoare pierderilor nedeterminate și erorilor.

Ambele părți ale tabelei de bilanț conțin coloane pentru: nr. crt; denumirea surselor de căldură (componenților termici) intrată sau a locurilor ori felurilor de consum de căldură; unitățile de măsură folosite, cantitățile de căldură, în valori absolute și în procente din cantitatea ei totală; observații.

În tabela 18.3 este dat un exemplu de bilanț termic.

Pentru a se reprezenta mai sugestiv fluxurile termice ale proceselor tehnologice, ale instalațiilor, ale secțiilor și ale întreprinderilor, bilanțurile termice ale acestora se transpun și în forma de diagrame plane sau spațiale.

Diagrama de bilanț termic plană se construiește pe baza tabelei de bilanț termic respective, luîndu-se la o scară anumită mărimile fluxului termic total și ale diferitelor lui componente, în Gcal, Mcal sau kcal și în %.

Fluxul termic total fiind considerat 100% din cantitatea totală de căldură consumată, secțiunile transversale ale diferitelor lui componente se iau de mărime proporțională cu conținutul lor de căldură.

Pentru scările la care se construiesc diagramele de bilanțuri termice plane se iau de obicei 1 mm=1% sau 0,5 mm = 1%.

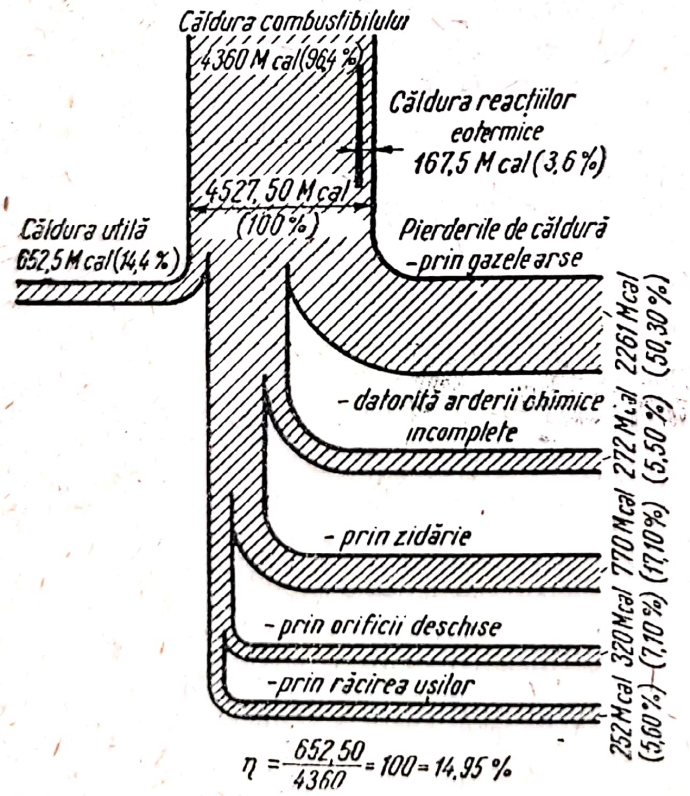


Fig. 18.1. Diagrama bilanțului termic al unui cuptor de încălzire.

Pe fiecare flux de căldură se indică destinația lui, cît reprezintă în % din cantitatea totală de căldură intrată sau consumată și — prin săgeată — sensul lui.

Fluxurile cu destinație identică (cum sînt de exemplu pierderile), se caută să fie așezate aproape unul de altul, pentru a avea posibilitatea de a le contopi într-un singur flux.

În fig. 18.1 este prezentat un exemplu de diagramă de bilanț plană.

Bilanțurile termice sub formă de diagrame spațiale se construiesc rar, folosindu-se pentru instalațiile la care se utilizează purtători de căldură de parametri diferiți, pentru a-i putea distinge pe fiecare în parte.

Tabela 18.3. **Bilanțul termic real al cuptoarelor de încălzire C_{12} — C_{14} — C_{15} (Secția „Tras la rece")**

Nr. crt.	Intrări	Mcal/h	%	Nr. crt.	Ieșiri	Mcal/h	%	Mcal/h	%
1	Căldura intrată prin combustibil	4360	96,4	1	*Căldura utilă*			652,50	14,95
					Pierderi:				
				2	prin gazele de evacuare	2261	50,10		
2	Căldura reacțiilor exotermice	167,5	3,6	3	datorită arderii chimice incomplete	272	5,50		
				4	datorită arderii incomplete din cauze mecanice	—	—		
				5	prin zidărie	770	17,00		
				6	prin orificiile deschise	320	7,05		
				7	prin răcirea ușilor	252	5,40		
					Total pierderi			3875	85,05
	Total căldură intrată	4527,5	100		Total căldură ieșită			4527,50	100
					$\eta = \frac{652,50}{4360} \cdot 100 = 14,95\%$				

Scanned with OKEN Scanner

18.4. STRUCTURA BILANȚURILOR TERMICE

Cel mai simplu bilanț termic cuprinde: în partea *intrări* cantitatea totală de energie intrată în obiectul cercetat și în partea *ieșiri*, cantitatea de energie termică folosită în mod util și, separat, cantitatea globală corespunzătoare tuturor felurilor de pierderi. Cu ajutorul unui astfel de bilanț se poate determina numai randamentul termic al obiectului cercetat.

În cazul bilanțurilor care se întocmesc însă în scopul determinării posibilităților de creștere a gradului de folosire a energiei termice în obiectul supus cercetării, în partea *intrări* se înscriu, succesiv, în plan vertical, toate cantitățile de căldură, corespunzătoare diferitelor surse și apoi se însumează, iar în partea *ieșiri* se înscriu succesiv, în plan vertical și se însumează: cantitatea de căldură utilă, defalcată pe elementele ei componente, cantitatea de căldură corespunzătoare pierderilor, defalcată pe locurile și cauzele care le dau naștere și resursele energetice secundare.

De exemplu, în bilanțurile termice ale cuptoarelor industriale (v. tabela 18.3 și fig. 18.1) în partea *intrări*, se trece cantitatea de căldură intrată prin combustibil și cea dată de reacțiile exotermice, care au loc în materialele din cuptoare, iar în partea *ieșiri*, se trece cantitatea de căldură utilă și, separat, pierderile de căldură: prin gazele de evacuare (arse), datorită arderii incomplete din cauze chimice, datorită arderii incomplete din cauze mecanice, prin zidărie, prin orificii deschise și prin răcirea ușilor.

Prin aceasta se înlesnește analiza pierderilor și stabilirea căilor de urmat pentru reducerea lor.

18.4.1. Structura bilanțurilor termice de lucru

În planul vertical al bilanțurilor termice de lucru se separă în general următoarele capitole:

I. *Energia primită din exterior*

II. *Instalații generatoare și transformatoare de energie termică*, înscriindu-se separat fiecare instalație care produce, transformă sau consumă energie termică.

III. *Producția.* În acest capitol se înscriu succesiv toate secțiile principale și apoi cele auxiliare. La fiecare secție se indică separat, consumatorii de forță (ciocanele de abur, presele de abur etc.) și apoi cei tehnologici (cuptoarele, uscătoarele etc.). Tot în acest capitol, se înscriu în articole separate, generale pe întreprindere: încălzitul și ventilația, locomotivele etc.

IV. *Consumatori neproductivi.* În acest capitol se înscriu în articole separate, generale pe uzină, necesitățile consumatorilor neproductivi (clădirilor administrative, de producție, ale depozitelor etc.).

V. *Livrarea energiei în exterior*, în care se arată energia termică livrată în rețeaua sistemului energetic, întreprinderilor vecine și gospodăriei proprii de locuințe și localuri.

VI. *Pierderi de energie termică generale pe întreprindere.* În acest capitol se trec de obicei numai pierderile în rețele deși este destul de răspîndită opinia că tot în acest capitol ar trebui trecute, într-un articol separat, pierderile datorită nerecuperării resurselor termice secundare.

Scanned with OKEN Scanner

Energia termică poate circula și poate fi utilizată prin intermediul a mai multor purtători de diferite feluri și de diferiți parametri. Aceasta provoacă necesitatea de a se prevedea în bilanțuri indici atît pentru totalul energiei termice, cît și pentru fiecare purtător și parametru al acestuia din urmă.

a. *Structura bilanțurilor purtătorilor de energie termică.* Bilanțul purtătorilor de energie termică al unui proces tehnologic cuprinde componentele materiale purtătoare de energie termică, ce iau parte în procesul respectiv. Constituind o parte a bilanțului material, bilanțul purtătorilor de energie termică se întocmește, ca și bilanțul material, în unități de greutate sau de volum, indicîndu-se, la *resurse*, toate componentele materiale care se introduc în obiectul cercetat, iar la *consum* — toate componentele materiale care rezultă din procesele ce au loc în obiectul respectiv.

În cele mai dese cazuri bilanțurile purtătorilor de energie termică se cumulează cu bilanțurile termice ale obiectelor respective, indicîndu-se în tabelele lor, pentru fiecare purtător de energie termică, pe lîngă cantitatea cu care intervine (în tf sau m^3), entalpia lui și conținutul total de căldură corespunzător cantității respective. Prin aceasta se înlesnește elaborarea corectă a bilanțurilor termice pe întreprinderi.

În tabela 18.4 este reprezentat, pentru exemplificare, un bilanț al purtătorilor de energie termică al unui cazan de abur, raportat la o tonă de abur, cumulat cu bilanțul termic respectiv.

Examinîndu-se datele din această tabelă se observă că bilanțul purtătorilor de energie termică formează baza de plecare pentru întocmirea bilanțului termic și că pentru evitarea erorilor de întocmire a bilanțului termic este bine ca acesta să fie întocmit concomitent cu bilanțul purtătorilor de energie termică respectiv.

b. *Structura bilanțurilor de circulație a purtătorilor de energie termică și a căldurii.* Bilanțurile termice trebuie să reprezinte de asemenea întreaga circulație internă a energiei termice și a purtătorilor ei, legată de cantitatea și gradul de utilizare a resurselor termice secundare și de consumurile de energie pentru serviciile interne ale instalațiilor termice generatoare și transformatoare din întreprindere, prin aceasta asigurîndu-se posibilitatea controlului asupra utilizării resurselor energetice secundare și evitarea erorilor de întocmire a bilanțurilor.

De aceea este necesar ca bilanțurile termice să se întocmească pe baza bilanțurilor de circulație a purtătorilor de energie termică și a energiei corespunzătoare, întocmite în prealabil pentru fiecare dintre purtători și parametrii lor.

În tabela 18.5 se prezintă, ca exemplu, un bilanț de circulație a purtătorilor de energie termică și a energiei corespunzătoare (bilanțul de căldură al unei întreprinderi).

Examinîndu-se datele din această tabelă se constată că bilanțul căldurii se obține prin determinarea, în circulația căldurii, a diferenței între resurse și consum, pentru fiecare articol al bilanțului.

Astfel, în exemplul din tabela 18.5, instalația de cazane livrează consumatorilor *I*, *II* și *III* cantitatea de 50 tf abur, cu un conținut de căldură de 37 Gcal și primește îndărăt, de la ei, cantitatea de 33 tf condensat conținînd căldură în cantitatea de 2,2 Gcal. Rezultă că instalația de cazane produce efectiv cantitatea de 37—2,2 = 34,8 Gcal, care și constituie resursele în bilanțul de căldură.

Consumatorii *I*, *II* și *III* au obținut respectiv: 22,20; 8,88 și 4,44 Gcal, în abur, dar au restituit 2; 0,6 și respectiv 0,2 Gcal în cantitățile de 25, 7 și 3 tf de condensat întors la instalația de cazane; consumul efectiv de căl-

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 18.4. **Bilanțul purtătorilor de energie termică, ai unui cazan de abur, raportat la 1 tf de abur, cumulat cu bilanțul termic respectiv**

Intrări (resurse)						Ieșiri (consum)					
Nr. crt.	Articolele bilanțului	Greutatea în tf	Entalpia în kcal/kgf	Căldura		Nr. crt.	Articolele bilanțului	Greutatea în tf	Entalpia în kcal/kgf	Căldura	
				Gcal	%					Gcal	%
1	Combustibil (păcură)	0,078	9800	0,7644	84,76	1	Abur supraîncălzit 30 kgf/cm², 400°C	1,000	771	0,7710	85,48
2	Aer (15°C)	1,170	3,63	0,0042	0,46	2	Apă de purjare	0,100	239	0,0239	2,65
3	Apă de alimentare la temperatura de 120°C	1,100	120	0,1320	14,64	3	Apă ieșită de la răcire, la temperatura de 80°C, utilizată	0,100	80	0,0080	0,89
4	Apa de răcire de 13°C	0,100	13	0,0013	0,14	4	Gaze de evacuare, la 180°C	1,248	71,5	0,0892	9,90
						5	Pierderi prin radiație	—	—	0,0098	1,08
	Total	2,448	—	0,9019	100			2,448	—	0,9019	100

Observație: S-a considerat în acest bilanț că pierderile datorite arderii incomplete din cauze chimice și arderii incomplete din cauze mecanice sînt neglijabile.

Scanned with OKEN Scanner

Tabela 18.5. **Bilanțul de circulație a purtătorilor de energie termică și a căldurii**

Articolele bilanțului	Circulația purtătorilor de căldură și a căldurii								Bilanțul de căldură	
	abur				condensat					
	resurse		consum		resurse		consum		resurse Gcal	consum Gcal
	tf	Gcal	tf	Gcal	tf	Gcal	tf	Gcal		
Instalația de cazane	50	37	—	—	—	—	33	2,2	34,8	—
Consumatorul I	—	—	30	22,20	25	2,0	—	—	—	20,20
Consumatorul II	—	—	12	8,88	7	0,6	—	—	—	8,28
Consumatorul III	—	—	6	4,44	3	0,2	—	—	—	4,24
Pierderi	—	—	2	1,48	—	—	2	0,6	—	2,08
Total	50	37	50	37	35	2,8	35	2,8	34,8	34,80

Scanned with OKEN Scanner

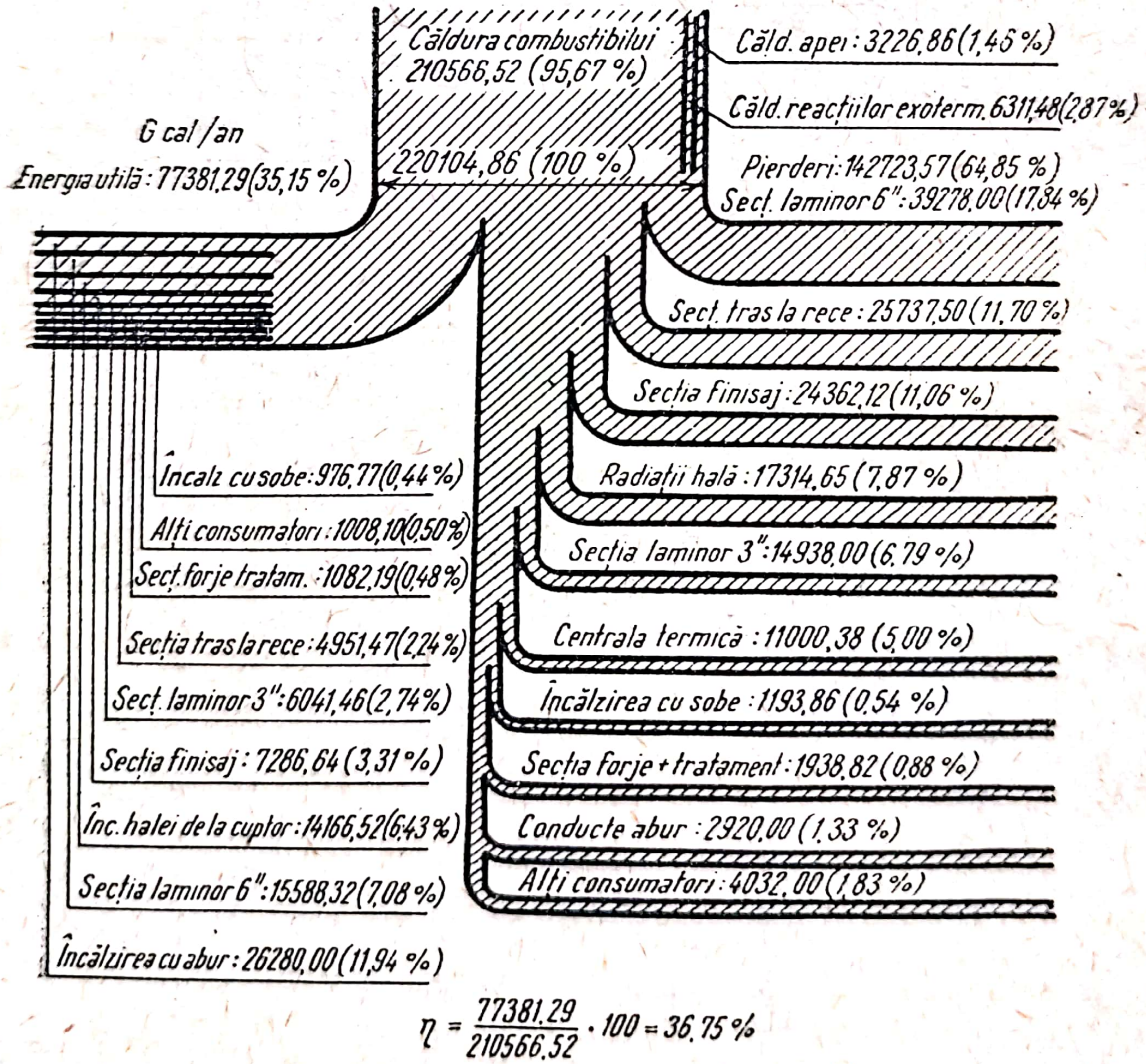
dură al fiecăruia rămînînd egal cu diferența între cantitatea de căldură primită în abur și cantitatea de căldură conținută de condensatul restituit instalației furnizoare de abur și de aceea numai această diferență se trece în bilanțul de căldură la consum.

18.4.2. Structura bilanțurilor termice sintetice

Toate aceste bilanțuri (reale, normate și optime) fac parte din varianta de structură în plan vertical.

În partea *intrări* (resurse) a tabelelor acestor bilanțuri se trec, succesiv, consumatorii cu cantitățile respective de căldură intrată la ei, defalcate pe purtătorii respectivi.

În partea *ieșiri* (consumuri) se trec mai întîi consumurile utile corespunzătoare consumatorilor întreprinderii (secțiilor precum și instalațiilor sau

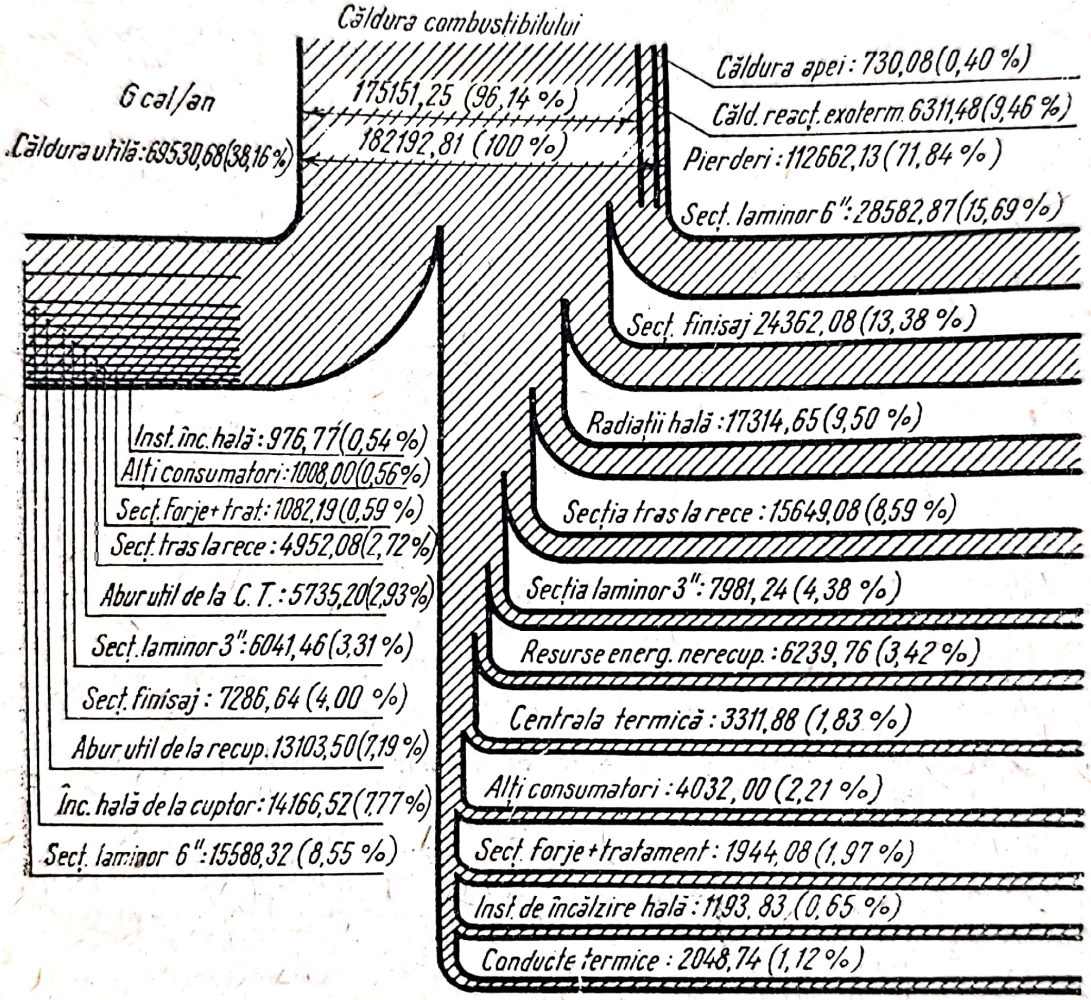


$$\eta = \frac{77381,29}{210566,52} \cdot 100 = 36,75\ \%$$

Fig. 18.2. Diagrama bilanțului termic real al unei întreprinderi (valori anuale).

agregatelor care nu fac parte din secțiile respective) și se însumează, iar în continuare se trec, succesiv, în plan vertical, pierderile de căldură corespunzătoare consumatorilor la care s-au produs și se totalizează.

Reamintim că bilanțurile termice sintetice pe întreprinderi se întocmesc pe baza bilanțurilor termice ale secțiilor întreprinderii respective, care, la rîndul



$$\eta = \frac{69530,68}{175151,25} \cdot 100 = 39,69\ \%$$

Fig. 18.3. Diagrama bilanțului termic normat al unei întreprinderi (valori anuale).

lor, se întocmesc pe baza bilanțurilor termice ale agregatelor și instalațiilor lor consumatoare de energie termică, astfel încît atît cantitățile de căldură corespunzătoare *intrărilor* cît și cele corespunzătoare *consumurilor* se trec în bilanțul termic al întreprinderii din bilanțurile termice ale secțiilor ei.

În fig. 18.2 și 18.3 sînt reprezentate, pentru exemplificare, bilanțurile termice sintetice — real și normat — ale unei întreprinderi.

18.5. METODELE DE ÎNTOCMIRE A BILANȚURILOR TERMICE

18.5.1. Întocmirea bilanțurilor termice ale agregatelor

În funcție de scopurile urmărite și de posibilitățile existente — pentru elaborarea bilanțurilor termice ale agregatelor, se practică metodele: experimentală, analitică, experimental-analitică (combinată) și statistică.

a. *Metoda experimentală.* Această metodă se aplică în cazurile în care se impune întocmirea bilanțurilor pe bază de date foarte precise și constă în determinarea acestora din urmă prin supunerea agregatelor de cercetat la încercări practice, în timpul cărora — cu ajutorul aparatelor de măsurat, de precizia corespunzătoare scopului — se execută toate măsurătorile, necesare pentru determinarea cantităților de energie termică purtate de elementele care intră în structura bilanțului de întocmit.

b. *Metoda analitică.* Această metodă se bazează pe calcularea cu ajutorul formulelor fizico-chimice și empirice a tuturor elementelor constitutive ale ambelor părți ale bilanțului (*resurse* și *consumuri*). Uneori însă, în scopul asigurării unei precizii dorite în rezultate, și în cazul aplicării acestei metode unele elemente ale pierderilor se determină prin măsurători parțiale, cu ajutorul aparatelor.

c. *Metoda combinată.* În foarte multe cazuri se aplică această metodă, care constă în determinarea, prin calcul, a componentelor utile și — prin calcul și experimental, — a componentelor pierderilor de energie termică, după care se procedează la analizarea și coordonarea valorilor componentelor respective, în cadrul bilanțului general pe agregatul cercetat.

18.5.2. Determinarea elementelor de întocmire a bilanțurilor termice de lucru

Bilanțurile termice de lucru ale întreprinderilor industriale trebuie să se întocmească pe bază de date cît mai apropiate de cele reale, privind cantitățile și parametrii purtătorilor de energie termică, produși și consumați de fiecare dintre agregatele, instalațiile și secțiile la care se referă articolele bilanțurilor respective. Pentru satisfacerea acestei cerințe este necesar ca evidența datelor menționate să fie organizată și ținută la întreprinderi pe bază de măsurări, executate cu ajutorul unor aparate și după scheme termoenergetice corespunzătoare.

La multe întreprinderi există însă secții întregi de producție pentru care — fie din cauza lipsei de aparate de măsurat, fie din diverse alte cauze — nu se ține, pe fiecare în parte, evidența cantităților de energie termică, produsă și consumată, deși aceste cantități este necesar să fie cunoscute la întocmirea bilanțurilor termice de lucru ale întreprinderilor respective.

Ca urmare, pentru completarea unor articole ale bilanțurilor termice de lucru ale acestor întreprinderi cu cantitățile de energie termică corespunzătoare, este necesar ca acestea din urmă să fie determinate folosindu-se diferite procedee aproximative, cum sînt:

— determinarea producției și consumului de energie termică a fiecărei secții în parte, pe baza unor coeficienți, stabiliți dinainte, cu ajutorul cărora

se ține evidența ponderii cu care intervine fiecare dintre ele în totalul producției, respectiv al consumului lor;

— defalcarea producției efective și a consumului efectiv, corespunzătoare mai multor secții, pe fiecare dintre ele, proporțional cu cotele ce le revin în mod normal, cote care se stabilesc după caracteristicile lor termice normale, întocmite pe bază de măsurători speciale sau prin calcul;

— defalcarea producției și a consumului mai multor secții, pe fiecare dintre ele, pe baza rezultatelor măsurărilor de sondaj a puterii debitate sau absorbite și a energiei produse sau consumate în timpul executării măsurătorilor respective (de exemplu în 24 ore), cu ajutorul unor aparate portabile.

Toate procedeele aproximative de determinare a datelor de bază pentru întocmirea bilanțurilor termice ale întreprinderilor industriale trebuie să fie înlocuite într-un timp pe cît posibil mai scurt, aplicîndu-se în locul lor procedee bazate pe măsurători, executate la nivelul de precizie corespunzător performanțelor, în continuă creștere, obținute ca rezultat al dezvoltării științei și tehnicii. Numai pe calea aceasta, poate fi tratată problema de care ne ocupăm în concordanță cu ritmul impetuos de dezvoltare a economiei noastre naționale.

O atenție deosebită trebuie acordată, la întocmirea bilanțurilor termice, elementelor, ale căror valori nu pot fi determinate cu precizia necesară pe baza indicațiilor aparatelor de măsurat, cum sînt: pierderile de energie termică în rețelele de transport și de distribuție a purtătorilor acestei energii, consumurile de energie termică ale agregatelor și instalațiilor care nu sînt înzestrate cu aparate de măsurat și care reprezintă o pondere mică în consumul celorlalte agregate și instalații, care fac parte din grupul considerat și sînt înzestrate cu aparate de măsurat individuale.

Determinarea pierderilor de energie termică în rețelele unei întreprinderi, sub forma diferenței între cantitatea de energie termică, înregistrată de aparatele care măsoară producția instalațiilor generatoare sau transformatoare și cantitatea de energie termică, înregistrată de aparatele care măsoară consumul diferitelor agregate și instalații, poate conduce la rezultate cu totul eronate. Aceasta se explică prin faptul că pierderile de energie termică în rețelele întreprinderilor, fiind în general relativ mici, sînt comparabile cu eroarea relativă a aparatelor de măsurat.

De aceea, pierderile de energie termică în rețelele întreprinderilor se determină aplicîndu-se metodele de calcul corespunzătoare.

Din aceleași motive și consumul de energie termică de pondere mică al agregatelor și instalațiilor neînzestrate cu aparate de măsurat trebuie să se determine tot prin calcul, pe baza debitelor racordate la ele, a sarcinilor și a timpului lor de funcționare.

18.5.3. Determinarea elementelor de întocmire a bilanțurilor termice sintetice

Indicațiile date în § 18.5.2, cu o singură excepție sînt valabile și pentru cazul determinării elementelor constitutive ale bilanțurilor termice sintetice. Excepția constă în aceea că, în cazul acestor bilanțuri nu se admite de loc aplicarea procedeelor aproximative de determinare a cantităților de căldură, corespunzătoare elementelor lor de bază, determinarea respectivă trebuind să se facă obligatoriu pe bază de măsurări, executate respectîndu-se condițiile indicate, pentru fiecare caz în parte, în instrucțiunile specifice de întocmire și analiză a bilanțurilor termice, elaborate de Inspecția Energetică.

XIX

NORMAREA ŞI PLANIFICAREA CONSUMURILOR ENERGETICE

19.1. ROLUL ŞI IMPORTANŢA NORMĂRII CONSUMURILOR ENERGETICE

Legea economică a dezvoltării planice proporţionale se aplică prin conducerea planificată a economiei naţionale, bazată pe colaborarea activă a tuturor forţelor de muncă. Una din condiţiile de bază pentru aplicarea acestei legi este folosirea raţională a muncii materializate şi a muncii vii, care conduce la creşterea planificată a productivităţii muncii şi la scăderea continuă a preţului de cost al producţiei.

Munca de planificare se întemeiază pe stabilirea balanţelor între disponibilităţile şi necesităţile de muncă vie şi muncă materializată. Aceste balanţe, la rîndul lor, se stabilesc pe bază de norme. Normele reprezintă deci baza muncii de planificare a procesului de producţie care se compune din procesul de lucru şi procesul de formare de valori.

Procesul de producţie este rezultatul interacţiunii a trei elemente de bază:

a) omul, respectiv forţa lui de muncă;

b) materialul, respectiv obiectul muncii;

c) maşinile şi uneltele, respectiv mijloace de lucru.

Pentru toate aceste trei elemente trebuie stabilite norme şi anume:

a) pentru munca vie se stabilesc normele de lucru;

b) pentru obiectul muncii, considerat ca muncă materializată, se stabilesc normele de consum de materiale;

c) pentru mijloacele de producţie se stabilesc norme de utilizare.

Importanţa energiei în procesul de producţie este bine cunoscută. De aceea o planificare cît mai corectă a producţiei şi consumului de energie de orice formă este una din condiţiile cheie ale realizării planurilor de dezvoltare economică.

În sensul celor arătate mai sus, consumurile energetice (combustibil, energie electrică, abur, apă caldă, aer comprimat etc.) sînt asimilate cu consumurile de materiale. Datorită faptului că ele nu sînt, în general, regăsite în produsul final sub formă materială ci numai valoric, ele sînt considerate ca materiale auxiliare dar, datorită importanţei lor, evidenţiate contabil aparte. Normele pentru combustibil şi energie de orice formă sînt deci norme de consum. Datorită rolului deosebit de important pe care îl joacă combustibilul şi energia electrică în viaţa economică a statului, planificarea corectă şi aplicarea măsurilor pentru reducerea consumului lor specific sînt de o mare importanţă în procesul de dezvoltare economică şi socială.

Scanned with OKEN Scanner

Normele de consum de energie au un rol mobilizator deosebit de important în acțiunea de gospodărire rațională a resurselor energetice și o contribuție care nu poate fi trecută cu vederea la ridicarea productivității muncii și reducerea prețului de cost al producției industriale. Ele sînt factori mobilizatori care influențează favorabil dezvoltarea planică progresivă a sectorului economic.

În domeniul energetic se normează consumurile specifice de combustibil, de carburanți, de energie electrică și de orice alt purtător de energie (abur, apă caldă, aer comprimat). De asemenea se normează o serie de indicatori calitativi ca pierderile de energie în rețelele de transport și distribuție, pierderile de căldură în rețelele de termoficare, consumul propriu tehnologic în centralele electrice etc.

În R.P.R. s-a introdus normarea consumurilor specifice pe plan de stat, începînd din anul 1955.

19.2. BAZELE NORMĂRII CONSUMURILOR ENERGETICE

O normă de consum specific de energie este o cifră caracteristică prestabilită pentru un agregat, o instalație, un proces tehnologic, un produs sau pentru o activitate de bază sau auxiliară. Ea reprezintă consumul necesar pentru realizarea unei unități de producție, prestație, sau activitate, în condiții normale de exploatare a utilajelor, cu folosirea unei tehnologii corespunzătoare nivelului tehnic actual, a unui regim de lucru avantajos, în ipoteza exploatării depline și corecte a utilajului și în condițiile de organizare a producției și gospodăriei energetice corespunzătoare tehnicii avansate.

Norma de consum energetic (combustibil sau orice altă formă de energie) este valoarea planificată a consumului specific pentru un produs, prestație sau activitate, pe un anumit interval de timp și corespunzător unui contur dat. Ea este valoarea limită superioară a consumului la care are drept un consumator, reprezentînd consumul specific realizabil la capacitatea normală a instalațiilor, în condițiile de corelație cu ceilalți indicatori stabiliți prin plan.

19.2.1. Clasificarea normelor pentru consumurile energetice

Normele pentru consumurile energetice pot fi clasificate din diferite puncte de vedere.

a) Din punctul de vedere al bazei de stabilire, ele pot fi clasificate în:

— norme fundamentate tehnic, rezultînd din studii ample și complexe în care se analizează fiecare din factorii care contribuie la stabilirea normei respective. Normele fundamentate tehnic pot fi exprimate printr-o valoare sau sub formă de formule și diagrame care redau influența factorilor mai importanți de care depinde consumul de energie în procesul respectiv;

— norme fundamentate statistic, care se bazează pe analiza statistică sau statistico-matematică a consumurilor în corelație cu producția industrială;

— norme calculate, care nu au la bază nici măsurători și nici o analiză statistică ci numai calcule teoretice sau de analogie cu situații similare (norme de proiect).

Scanned with OKEN Scanner

b) Din punctul de vedere al modului de urmărire se deosebesc:

— norme de stat, care sînt urmărite de Comitetul de Stat al Planificării, pe întreaga ţară, pentru produsele care necesită consumuri energetice care intră cu o pondere mai importantă în balanţa energetică globală a ţării;

— norme departamentale, urmărite de către Ministere şi de Sfatul Popular al Capitalei, Sfatul Popular Constanţa şi de Sfaturile Populare Regionale, care pot introduce norme şi la alte produse decît cele normate prin planul de Stat;

— normele interne care se stabilesc şi urmăresc la nivelul întreprinderilor industriale.

c) Din punctul de vedere al purtătorului de energie, normele pot fi clasificate în: norme de combustibil, de carburant, de căldură provenită din abur, sau apă caldă, de energie electrică, de aer comprimat, de căldură provenită din gaze calde etc.

d) Din punctul de vedere al domeniului de aplicare, normele pot fi clasificate în: norme generale medii pe ţară, norme medii pe ramură industrială, norme pe întreprindere, pe secţie, sector, atelier, fază tehnologică, instalaţie, agregat etc.

e) Din punctul de vedere al destinaţiei consumului de energie, normele se clasifică în:

— norme tehnologice care se referă la procese, faze, operaţii de bază ale tehnologiei de fabricaţie;

— norme pentru consumurile auxiliare (iluminat, încălzit, ventilaţie, paza contra incendiilor, reparaţii etc.);

— norme pentru pierderi de energie în instalaţiile de producere, transport, distribuţie şi consum de energie:

— norme de aprovizionare.

f) Din punctul de vedere al conţinutului lor, normele pot fi clasificate în:

— norme simple;

— norme complexe.

Normele simple sînt acelea care se referă la o singură formă sau purtător de energie, folosit nemijlocit în procesul tehnologic sau într-un proces de transformare energetică ca de exemplu: combustibilul sau carburantul ars direct în procesul tehnologic, căldura din abur, apă caldă sau gazele calde folosite direct în procesul tehnologic, aerul comprimat folosit direct în procesul tehnologic, carburantul folosit pentru producerea energiei electrice prin grupuri Diesel, carburantul folosit pentru producerea aerului comprimat în motocompresoare, energie electrică folosită pentru producerea aerului comprimat în electrocompresoare, combustibilul folosit pentru producerea aburului, abur folosit pentru producerea energiei electrice etc. Se poate observa că, prin convenţie, nu s-a luat în considerare ca formă intermediară forma de energie mecanică.

Normele complexe sînt acelea care se referă la o singură formă sau purtător de energie care trece prin două sau mai multe transformări ca de exemplu: combustibilul folosit pentru obţinerea aerului comprimat în turbocompresoare, combustibil folosit pentru obţinerea energiei electrice în centrale termice, gaze calde folosite pentru producerea energiei electrice etc., sau la mai multe forme sau purtători de energie, folosite în acelaşi scop ca de exemplu: totalul de energie electrică folosită în procesul de producţie atît direct în agregatele tehnologice, cît şi pentru producerea aerului comprimat, totalul combustibilului folosit direct în proces, cît şi pentru producerea de abur etc. Normele complexe rezultă din normele simple prin aplicarea unor formule de corelaţie.

Scanned with OKEN Scanner

Observație. O normă poate fi exprimată sub forma unei valori fixe, sub forma unui șir de valori, reprezentate printr-o curbă, sau sub forma mai multor șiruri de valori, reprezentate printr-o familie de curbe. În cazul cînd este exprimată printr-o valoare fixă, norma corespunde valorii planificate a producției. În cazul cînd este exprimată sub forma unei curbe, aceasta reprezintă valoarea consumului specific planificat în funcție de productivitate. Cînd se ține seamă și de variația consumului specific în funcție și de alte variabile decît productivitatea, norma se prezintă sub forma unei familii de curbe.

19.2.2. Unități de măsură folosite în normarea consumurilor specifice de energie

În general normele se exprimă prin raportul dintre o cantitate de energie și un volum de producție:

$$n = \frac{Q}{P} \tag{19.1}$$

unde n este norma;
Q — cantitatea de energie;
P — volumul producției corespunzătoare.

Pentru cantitatea de energie se folosesc următoarele unități de măsură:

a) *Pentru combustibil și carburanți*: Unitățile de măsură naturale folosite curent sînt kgf sau tf pentru combustibil solid sau lichid și Nm^3 sau 1000 Nm^3 pentru gaze. Avîndu-se în vedere că diferitele sorturi de combustibil au puteri calorice diferite, s-a convenit să se exprime consumul de combustibil într-o unitate convențională (tona combustibil convențional — tf c.c.). Se consideră drept combustibil convențional combustibilul care are puterea calorică de 7000 kcal/kgf, respectiv 0,7 Gcal/tf. Cu alte cuvinte:

1 kgf c.c. = 7000 kcal
1 tf c.c. = 0,7 Gcal

Orice alt combustibil poate fi convertit în combustibil convențional, dacă i se cunoaște puterea calorică cu ajutorul relației:

$$C_{tf} \frac{Q_i}{7\,000} = C_{tf\ c.c}, \tag{19.2}$$

în care C_{tf} este cantitatea de combustibil, în tone naturale;
Q_i — puterea calorică inferioară a combustibilului, în kcal/kgf;
$C_{tf\ c.c.}$ — cantitatea de combustibil, în tone combustibil convențional.

Pentru simplificarea operației de convertire se pot folosi coeficienții de echivalare stabiliți oficial, prin instrucțiuni, coeficienți care reprezintă raportul:

$$\alpha = \frac{Q_i}{7\,000}. \tag{19.3}$$

Convertirea cantității de combustibil exprimată în tone naturale în combustibil convențional se efectuează cu relația:

$$C_{tf\ c.c.} = \alpha\, C_{tf} \tag{19.4}$$

în care α este coeficientul de echivalare.

Coeficienţii de echivalare sînt stabiliţi prin Decizia Comitetului de Stat al Planificării.

b) *Pentru abur.* Unitatea de măsură naturală pentru abur este kgf sau tf. Deoarece conţinutul de căldură (entalpia) aburului este o funcţie de presiunea şi temperatura aburului, s-a convenit să se folosească în calcule *aburul normal*, unitatea de măsură fiind *tona de abur normal*. Se consideră abur normal, aburul care are entalpia $i_N \approx 640$ kcal/kgf, respectiv $i_N \approx 0{,}64$ Gcal/tf. Orice alt abur se converteşte în aburul normal prin multiplicarea cu un coeficient β, care reprezintă raportul dintre entalpia aburului considerat şi entalpia aburului normal adică:

$$A_N = \beta A = \frac{i}{i_N} A = \frac{i}{640} A \qquad (19.5)$$

unde: A_N este cantitatea de abur normal, în kgf sau tf;
A — cantitatea reală de abur, în unităţi naturale kgf sau tf;
i — entalpia aburului considerat, în kcal/kgf sau kcal/tf.

În normare însă se foloseşte ca unitate de măsură pentru abur, unitatea de măsură corespunzătoare căldurii, respectiv Gcal.

c) *Pentru apă caldă.* Unitatea de măsură naturală pentru apa caldă este tf. Conţinutul de căldură al apei este o funcţie de temperatura ei. De aceea se obişnuieşte să se exprime cantitatea de energie termică corespunzătoare unui consum de apă caldă, prin căldura conţinută, în kcal, sau, mai des, în Gcal.

d) *Pentru energia electrică.* Unitatea de măsură folosită pentru energia electrică, este, după caz, kWh sau MWh.

Echivalentul caloric al energiei electrice este exprimat prin relaţia:

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}.$$

Trebuie să se facă însă o observaţie foarte importantă: această relaţie arată că dacă se transformă în căldură energia unei kWh, admiţîndu-se că transformarea se face fără pierderi, ($\eta = 1$), se obţine o cantitate de căldură de 860 kcal. Dacă însă această kWh s-a produs într-o centrală termoelectrică, pentru producerea ei s-a consumat o cantitate de căldură mult mai mare, a cărei valoare poate varia de la centrală la centrală între 1200 şi 10 000 kcal. De aceea cînd trebuie să se echivaleze cantitatea de energie electrică cu o cantitate de combustibil trebuie să se ţină seamă de cantitatea de combustibil care a fost consumată pentru producerea ei. În cazul în care nu se cunoaşte acest consum, se vor folosi cifrele oficiale aprobate prin instrucţiuni sau, dacă acestea nu există, se va folosi cifra convenţională de 3500 kcal/kWh, respectiv 0,5 kgf c.c./kWh.

e) *Pentru aerul comprimat.* Pentru aerul comprimat se foloseşte de obicei unitatea de măsură naturală convenţională Nm^3 care reprezintă volumul pe care l-ar avea cantitatea respectivă de aer la starea fizică normală.

f) *Pentru producţia industrială.* Pentru producţia industrială se foloseşte de preferinţă unitatea de măsură naturală a produsului respectiv: kgf sau tf, m sau km, m^2 sau 1000 m^2, m^3 sau 1000 m^3, bucăţi, 1000 bucăţi sau 1 000 000 bucăţi etc. Sînt cazuri în care este mai indicată o unitate de măsură natural convenţională ca: tf km, kilonumăr, 100 000 bătăi (în filatură) etc. În alte cazuri este mai indicată alegerea unei unităţi de măsură pur convenţională ca vagon etalon, tonă convenţională etc.

Scanned with OKEN Scanner

În unele cazuri cînd producţia unei întreprinderi este foarte eterogenă şi nu se poate adapta nici unul din tipurile de unităţi de măsură enumerate, norma de consum se poate raporta la valoarea producţiei globale a întreprinderii şi în acest caz, unitatea de măsură pentru producţie este de 1000 lei producţie globală.

În general, unitatea de producţie industrială se notează cu u.p.

Pentru normele de stat şi cele departamentale, unităţile de măsură sînt cele stabilite de Comitetul de Stat al Planificării, respectiv de Ministerele tutelare. Pentru normele interne unităţile de măsură trebuie stabilite cu grijă de întreprinderi, pe cît este posibil, în corelaţie cu unităţile de măsură stabilite prin normele de stat. Se recomandă să se folosească unităţile de măsură naturale şi, numai în măsura în care acestea nu pot fi adoptate din motive speciale, să se aleagă unităţi natural convenţionale sau pur convenţionale. Normele raportate la valoarea producţiei globale sînt acceptabile numai ca ultimă rezervă, pentru cazul cînd nu există condiţii pentru adaptarea unor alte unităţi de măsură.

19.2.3. Structura normei

Prin structura normei se înţelege conţinutul ei sau, cu alte cuvinte, indicarea precisă a consumurilor care se iau în considerare la stabilirea valorii ei. De exemplu, în structura normei de energie electrică pentru un agregat tehnologic poate intra: consumul de energie electrică al motoarelor de acţionare a agregatului, consumul unei instalaţii de încălzire prin rezistenţe care face parte din agregat şi consumul instalaţiilor de iluminat proprii ale agregatului; într-o altă structură poate intra, în afară de consumurile menţionate şi consumul instalaţiilor auxiliare ale agregatului respectiv (macarale, benzi transportoare, elevatoare etc.; într-o a treia structură, în afară de toate cele de mai înainte, se poate adăuga şi o cotă de energie din consumul secţiei pentru iluminatul halei, pentru aeroterme etc., afectată agregatului considerat; într-o a patra structură se poate include şi cota de pierderi în reţelele întreprinderii aferente consumurilor luate în considerare în structura precedentă etc.

Pentru ca normele să aibă aceeaşi structură în toate întreprinderile similare şi la toate nivelele, pînă la nivelul economiei naţionale, structura lor se stabileşte prin normative oficiale.

19.2.4. Structura sistemului de norme

Prin structura sistemului de norme se înţelege nomenclatorul normelor simple şi normelor complexe care trebuie stabilite pe fiecare produs, prestaţie sau activitate şi relaţiile care leagă între ele diferitele norme complexe de normele simple.

Sistemul de norme trebuie să fie simplu, coherent şi de aplicare generală, la toate nivelele.

Normele simple şi normele complexe care formează sistemul de norme trebuie astfel alese şi corelate încît să permită analiza modului de folosire a energiei primare, pe forme şi purtători de energie şi pe produse industriale, la nivelul fiecărei întreprinderi, al fiecărei ramuri industriale şi pe economia naţională.

Scanned with OKEN Scanner

19.2.5. Lucrările preliminare ale normării consumurilor energetice

Operaţia de normare a consumurilor specifice energetice este o lucrare complexă care necesită o serie de lucrări preliminare, de pregătire, ca cele care urmează:

a) *Stabilirea schemei fluxului tehnologic.* Această operaţie comportă următoarele suboperaţii:

— stabilirea circuitului materialelor în procesul tehnologic;

— stabilirea ramificaţiilor tehnologice, a punctelor în care intervin în proces noi materii prime ca şi a acelora în care anumite produse finite sau semifabricate părăsesc ciclul considerat;

— stabilirea locurilor în care se face stocarea intermediară de materiale semifabricate;

— împărţirea circuitului tehnologic în secţii, subsecţii etc. şi determinarea agregatelor importante din punct de vedere al consumurilor energetice;

— determinarea şi indicarea posibilităţilor de control calitativ a producţiei finite şi a producţiei semifinite, pe tot parcursul ciclului tehnologic şi al materiilor prime intrate în proces;

— stabilirea şi indicarea consumatorilor auxiliari, care deservesc direct sau indirect procesul de producţie respectiv.

b) *Stabilirea fluxului de energie.* Paralel cu schema fluxului tehnologic, trebuie stabilită schema fluxurilor energetice. Această schemă trebuie să cuprindă:

— configuraţia schemei energetice;

— indicarea tuturor ramificaţiilor principale şi secundare;

— indicarea parametrilor normali şi reali pentru fiecare ramură şi punct important;

— indicarea posibilităţilor de măsurare a energiei.

c) *Alegerea unităţilor de măsură.* La alegerea unităţilor de măsură se ţine seamă de indicaţiile din prescripţiile oficiale alegîndu-se cel mai adecvat multiplu sau submultiplu admis al unităţii de măsură de bază prescrise.

d) *Alegerea perioadei de timp.* Ţinîndu-se seamă de fluctuaţiile care pot apare în debitul şi calitatea producţiei se alege timpul minim la care se vor referi toate operaţiile normării. Este indicat ca acest timp să fie cît mai lung, dacă este posibil un an. Pentru cazuri speciale cînd operaţia de normare comportă unele măsurări greoaie şi mai ales dacă aceste măsurări pot deranja procesul de producţie, se poate admite de la caz la caz şi un timp mai scurt (o lună sau chiar mai puţin). Alegerea acestui timp trebuie făcută cu toată atenţia astfel încît să se asigure un minimum de siguranţă în ceea ce priveşte valoarea rezultatelor obţinute.

19.2.6. Caracteristicile energetice ale consumatorilor

Caracteristica energetică a unui consumator este definită de funcţia:

$$C = f(P) \tag{19.6}$$

sau funcţia:

$$c = \varphi(P) \tag{19.7}$$

în care C este consumul energetic;

c — consumul specific energetic;

P — producţia industrială.

Prima funcție este caracteristica energetică primară, iar a doua caracteristică derivată.

În general caracteristica energetică se poate exprima printr-o funcție de forma:

$$C = a^m + b^n \cdot P \tag{19.8}$$

în care: a este partea constantă din consumul de energie (care nu depinde de producție);
b — partea din consumul de energie dependentă de producție;
P — volumul producției;
m și n — indici exponențiali, dependenți de producție

$$m = \psi\ (P) \text{ și } n = \chi\ (P).$$

În cazul în care $m = n = 1$ (condiție satisfăcută în marea majoritate a cazurilor) expresia se simplifică luînd forma

$$C = a + b \cdot P. \tag{19.9}$$

Caracteristica derivată are forma generală

$$c = \frac{a^m}{P} + b^n \tag{19.10}$$

sau forma simplificată:

$$c = \frac{a}{P} + b. \tag{19.11}$$

Relațiile (19.9) și (19.11) sînt reprezentate grafic în fig. 19.1.

Se pot distinge trei feluri principale de caracteristici energetice:

a) *Caracteristica consumului total de energie*

$$C_t = f_1\ (P) \tag{19.12}$$

b) *Caracteristica pierderilor de energie*

$$p = f_2\ (P) \tag{19.13}$$

c) *Caracteristica consumului util*

$$C_u = f_3\ (P). \tag{19.14}$$

Un punct important din aceste curbe caracteristice este valoarea P_o, (ordonata curbei $p = f_2\ (P)$ la origine), care reprezintă pierderile, respectiv consumul la mers în gol.

Din caracteristicile primare se pot deduce caracteristicile derivate

consumul specific

$$c = \varphi_1\ (P);$$

pierderile specifice

$$p' = \varphi_2\ (P);$$

randamentul

$$\eta = \varphi_3\ (P).$$

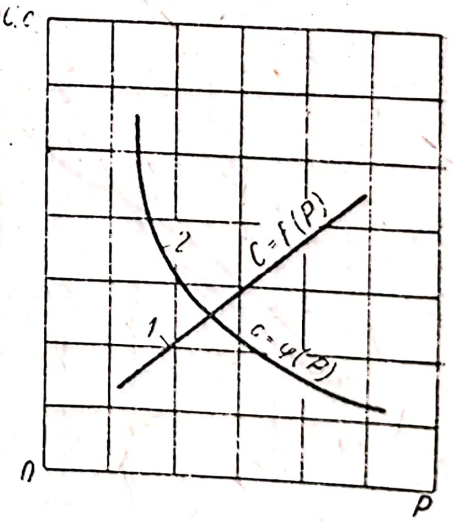


Fig. 19.1. Caracteristicile energetice ale unui consumator:
1 — caracteristica energetică primară; *2* — caracteristica energetică derivată.

Punctul de funcţionare economică, P_{ec}, corespunde pentru $\eta = max$ şi poate fi determinat din caracteristicile primare ca punctul de tangentă al caracteristicii $C_t = f_1(P)$ sau $p' = \varphi_3(P)$ cu tangenta la origine.

Caracteristicile energetice primare sînt reprezentate în fig. 19.2, *a* iar cele derivate în fig. 19.2, *b*.

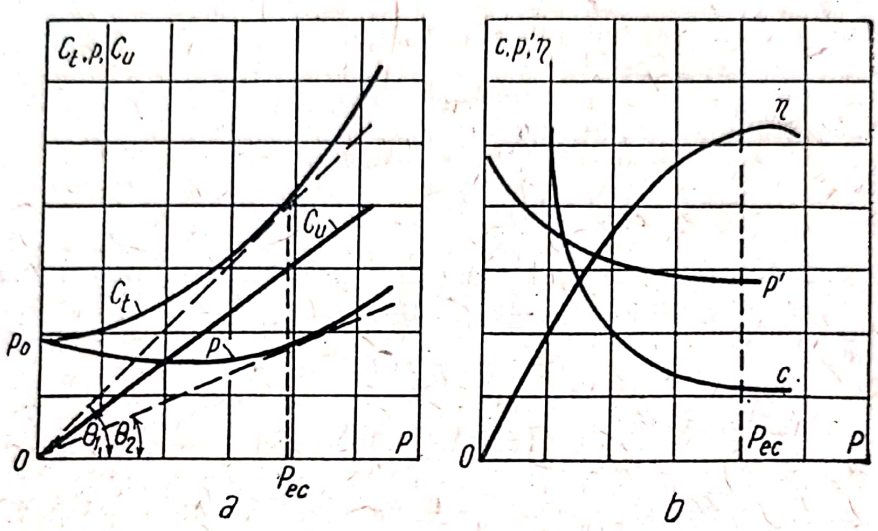


Fig. 19.2. Caracteristicile energetice: primare

a — primare; C_t — consumul total; C_u — consumul util; p — pierderile); *b* — derivate (*c* — consumul specific; p' — pierderile procentuale ; η — randamentul).

Forma caracteristicii energetice $C_t = f_1(P)$ poate fi de diferite tipuri (fig. 19.3). Tipul *1* (caracteristica concavă) este cel mai des întîlnit (cazane de abur, cuptoare industriale, transformatoare, maşini textile, elevatoare cu

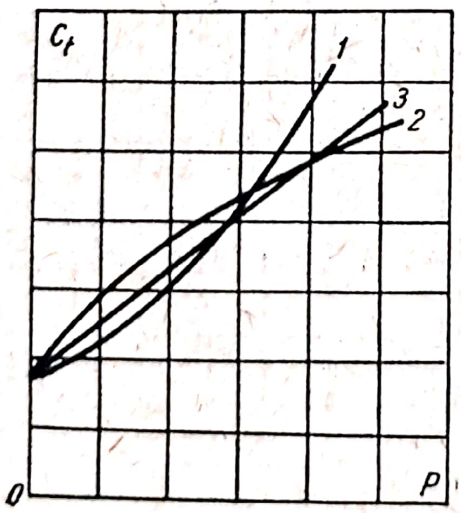


Fig. 19.3. Diferite tipuri de caracteristici energetice :

1 — caracteristica concavă; *2* — caracteristica convexă ; *3* — caracteristica rectilinie.

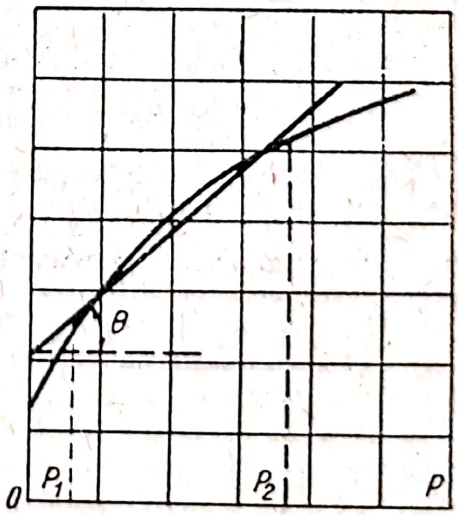


Fig. 19.4. Asimilarea unei caracteristici curbilinii cu o caracteristică rectilinie.

cupe etc). Tipul *2* (caracteristica convexă) este mai rar întîlnit (unele mașini centrifuge, mașinile de cardat etc.). Tipul *3* (caracteristica rectilinie) se întîlnește la unele schimbătoare de căldură, mașini cu abur, turbine de puteri mici etc. Acest tip de caracteristică poate fi asimilat și la agregate de tipul *1* sau *2* cînd curbura acestora este foarte mică și se poate practic neglija. În continuare se examinează mai îndeaproape acest tip de caracteristică cu care se lucrează practic în măsura cea mai mare.

Analizîndu-se relația (19.9) se constată că, în cazul caracteristicii liniare, parametrii a și b sînt valori constante care au semnificație fizică și nu numai o semnificație geometrică.

Într-adevăr, parametrul a reprezintă valoarea pierderilor în gol iar b reprezintă creșterea relativă a consumului specific, respectiv valoarea energiei utile și a pierderilor proporționale cu sarcina.

Practic foarte multe caracteristici curbilinii pot fi asimilate pe o porțiune, corespunzătoare zonei reale de lucru, cu caracteristica liniară. În fig. 19.4 zona P_1—P_2 este aceea în care se poate face asimilarea cu caracteristica rectilinie.

19.3. METODELE DE DETERMINARE A CARACTERISTICILOR ENERGETICE

Met odele care pot fi folosite pentru determinarea caracteristicilor ener getice sînt:

— metoda experimentală;
— metoda de calcul;
— metoda statistică;
— metode combinate.

19.3.1. Metoda experimentală

Cea mai precisă metodă, care poate da cele mai bune rezultate cu condiția să fie corect aplicată, este metoda experimentală. Această metodă constă în efectuarea unei serii de bilanțuri energetice ale agregatelor, secțiilor, liniilor tehnologice și întreprinderii, pentru diferite condiții de funcționare astfel încît să se obțină elementele necesare trasării caracteristicilor energetice și cele de deducere a normelor de consum.

Caracteristica esențială a acestei metode constă în aceea că elementul de instalație cercetat pentru care se face normarea este supus unei serii de măsurări, în starea sa normală de funcționare și în limitele normale de variație a diverșilor parametri care pot influența consumul său specific.

Rezultatele obținute cu această metodă sînt valoroase numai dacă se îndeplinesc o serie de condiții dintre care cele mai importante sînt următoarele:

— gradul de precizie al măsurărilor efectuate să fie suficient (la nivelul de precizie al măsurărilor industriale);
— numărul de puncte ridicate să fie destul de mare (cel puțin trei), fiecare punct rezultînd din mai multe măsurători;
— durata de menținere a parametrilor la valori constante în condițiile determinării fiecărui punct să fie destul de mare;
— măsurătorile să fie complete, cuprinzînd atît fluxul principal, cît și fluxurile auxiliare;

— domeniul de variaţie al punctelor determinate să fie destul de larg şi cuprins în zona normală de lucru;

— să se ia în considerare toţi parametrii variabili, în limitele lor normale de variaţie.

Bilanţurile energetice trebuie determinate în conformitate cu prescripţiile şi îndrumătoarele oficiale elaborate de Inspecţia Energetică (v. lucrări de consultat).

19.3.2. **Metoda de calcul**

Metoda de calcul constă în determinarea bilanţului energetic prin calcul, pe baza evaluării consumului util şi al pierderilor, folosindu-se formule fizico-chimice sau tehnice, după caz. În general această metodă poate fi aplicată în studiul agregatelor dar îşi găseşte greu utilizarea în studiul ansamblurilor mari. De cele mai multe ori este necesar ca şi în cadrul aplicării acestei metode să se facă unele măsurări (de exemplu analiza gazelor de ardere, măsurarea pierderilor la funcţionarea în gol etc.).

Metoda de calcul se foloseşte în special pentru determinarea bilanţurilor optime ale agregatelor.

În multe cazuri determinarea directă (experimentală) a consumului util nu este posibilă. În aceste cazuri aplicarea metodei de calcul se impune de la sine. Ea se aplică la proiectarea instalaţiilor.

19.3.3. **Metoda statistică**

Metoda statistică, dacă este bine condusă, poate da suficientă precizie. Fiind mai comodă şi mai la îndemînă ea este cea mai răspîndită azi. Prin metoda statistică se poate determina caracteristica energetică reală a consumatorului, în condiţiile de exploatare existente în perioada cercetată. Ea nu poate conduce la determinarea bilanţurilor normate şi optime decît dacă se asociază cu alte metode. Rezultatele care se obţin prin această metodă sînt mai precise dacă trasarea caracteristicii energetice se efectuează aplicîndu-se metodele matematice ale calculului probabilităţilor. În acest caz, metoda statistică ia un caracter statistico-matematic.

Practic, metoda se aplică în felul următor:

Pe o diagramă se înscriu toate punctele care rezultă din datele statistice. Se elimină acele puncte care prezintă abateri anormale. Printre punctele considerate valabile se trasează caracteristica energetică. Trasarea prin apreciere a acestei caracteristici este întotdeauna nesigură, de aceea se recomandă să se aplice „criteriul minimului sumei pătratelor abaterilor" care se exprimă prin relaţia:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} [C_i - f(P_i)]^2 = minim$$

în care Q este valoarea sumei pătratelor;
$f(P_i)$ — valoarea funcţiei în punctul i;
m — numărul punctelor.